



# ASTRONOMI V KMICI



šestič

## KAZALO

<b>KMICA</b>	<b>3</b>
<b>MITOLOŠKI IZVOR IMEN NOTRANJIH PLANETOV 2. del</b>	<b>4</b>
<b>ASTRONOMIJA V VELIKI BRITANIJI</b>	<b>6</b>
<b>ROBOTSKI TELESKOPI</b>	<b>8</b>
<b>DOLOČANJE VIŠINE KRATERJEV NA LUNI</b>	<b>11</b>
<b>OPAZOVANJE NOČNEGA NEBA S POMOČJO RAČUNALNIŠKEGA PROGRAMA »STARRY NIGHT«</b>	<b>13</b>
<b>KAM IN KAKO DRVIJO ZVEZDE V NAŠI GALAKSIJI</b>	<b>19</b>
<b>NOV TIP GALAKSIJ</b>	<b>21</b>
<b>ASTRONOMSKI TABOR KMICA 2003</b>	<b>22</b>
<b>UDELEŽENCI ASTRONOMSKEGA TABORA KMICA 2003</b>	<b>27</b>
<b>ČLANI ASTRONOMSKEGA DRUŠTVA KMICA</b>	<b>28</b>

## KMICA

Leto, ki se pravkar izteka, lahko člani AD Kmica ponovno ocenimo kot uspešno in smo na doseženo lahko ponosni. Ob že uveljavljenih poljudnih predavanjih in javnih opazovanjih, ki jih organiziramo ob vsakem zanimivem astronomskem pojavu ali dogodku, letošnje leto posebej označujeta dve značilnosti.

Prva je povezana z našim tradicionalnim astronomskim taborom, druga pa je povabilo Kluba PAC iz Murske Sobote k sodelovanju pri pripravi in izvedbi s strani Evropske skupnosti sofinanciranega projekta, katerega cilj je popularizacija in uvajanje astronomije v šole.

Letošnji astronomski tabor je prvič bil mednarodni, ne le glede na udeležence, temveč tudi na kraj izvajanja. Zaradi gradbenih del smo se iz naše domače OŠ Fokovci morali preseliti na prav tako lepo in prijetno OŠ Petrovci, katere kolektivu se za prijaznost in gostoljubnost iskreno zahvaljujemo. Drugi del tabora pa je potekal na OŠ Monošter v Porabju na Madžarskem. Ni naključje, da je Kmicin tabor eden izmed tistih, ki so bili izbrani kot pilotni pri vzpostavljanju tesnejšega čezmejnega sodelovanja s Porabskimi Slovenci. Astronomija in fizika kot njeno poglavito orodje, sta namreč ne le na Zemlji, temveč po celotnem nam znanem vesolju enaki. Edina ovira je tako ostala jezik. In prav premagovanje le-te je tudi eden izmed najpomembnejših sekundarnih ciljev vseh mednarodno zastavljenih taborov, tudi Kmicinega.

Letošnji tabor je potekal tudi kadrovsko pomlajen. Študijsko odsotnost dolgoletnega strokovnega vodje so njegovi nasledniki korektno in strokovno nadomestili, kar je potrditev pravilne usmeritve delovanja društva, ko kar največjo skrb posvečamo izobraževanju in vzgoji kadrov. Prav dobra izkušnja, ki smo jo dobili na tem taboru je porodila idejo o izvedbi krajšega, a strokovno zahtevnejšega in delovno intenzivnejšega tabora za mentorje, ki ga bomo izvedli v zimskih počitnicah.

Povabilo Kluba PAC k sodelovanju je naravno nadaljevanje že do sedaj tesnega sodelovanja med našima društvoma. Naš medsebojni odnos ni le partnerski, temveč tudi prijateljski, zato bodo skupni učinki in koristi še toliko večje. Pri tem gre tako za lažje zagotavljanje nujno potrebnih materialnih sredstev, kakor tudi velik prenos bogatega in raznolikega znanja, tako med društvoma, kakor tudi z okolico. In prav odgovoren odnos do okolja v katerem deluje Astronomsko društvo Kmica le-temu zagotavlja velik ugled in uspešen nadaljnji razvoj. Razvoj, ki ga podpira zmeraj več sponzorjev in donatorjev katerim se za pomoč in podporo iskreno zahvaljujemo.

Članom Astronomskega društva Kmica in drugim ljubiteljem astronomije želim prijetne praznike in srečno novo leto, ter veliko jasnih noči.

doc. dr. Mitja SLAVINEC

## MITOLOŠKI IZVOR IMEN NOTRANJJIH PLANETOV, 2. del

**Marjan ČENAR, Ljudska univerza Murska Sobota  
in AD Kmica, Murska Sobota**

Pri asteroidnem pasu med Marsom in Jupitrom ne najdemo kakšnih posebnosti. Največji med njimi nosi ime boginje

### **Ceres - Demetra**

Prijazna in mogočna boginja rodovitnosti, boginja poljedelstva, mati *Persefone* (Device). V Rimu je bila tudi zaščitnica plebejcev.

### **Jupiter – Iuppiter – Ioviter – Iovis - Zeus**

Imenovali so ga tudi Kronion (*Kronosov* sin). Na oblast je prišel po težkem in krvavem boju z očetom *Kronosom*. Začetnik Olimpijske dinastije najbolj dejavnih bogov. Veljal je za očeta in vladarja bogov in ljudi. Ime *Zeus* izvira iz indoevropske besede *Djeus* (*Deus*), ki pomeni svetlobo in dan.

*Zeus* – Jupiter vlada v palačah vrh Olimpa, ki jih je zgradil njegov sin *Hefaistos* - Vulkan. Obkrožen je z večno mladimi bogovi – lastnimi otroci in sorodniki, ki živijo ob nektarju in ambroziji.

Jupiter **Tonans** (Gromovnik)

Jupiter **Fulgur** (metalec strel, ognja)

Jupiter **Farreus** (zaščitnik morale, resnice, pravice in zakona)

Jupiter **Stator** (zaščitnik stabilnosti, je tudi zaustavljal bežečo vojsko)

Jupiter **Victor** (nosilec zmage)

Jupiter **Optimus Maximus** (najboljši in največji vseh bogov, ki poseblja najvišjo modrost in harmonijo sveta).

Ima veliko funkcij. Na zemljo pošilja dež, sneg, viharje, strele in grom (strele mu kujejo mogočni Kiklopi). Sklicuje posvete bogov, kjer ima glavno besedo. Od njega prehaja oblast na zemeljske kralje. Odloča o izhodih bitk, vojn in sporov. Z zlato tehtnico tehta usodo ljudi. Od njega prihajajo tudi razodetja. Te funkcije so Rimljani pri svojem Jupitru konkretizirali tudi skozi imena:

V njegovem grškem templju v Dodoni so duhovniki prerokovali iz šelestenja hrasta, ki je veljal za *Zevsovo* drevo. V mogočnem **templju v Olimpiji** je stal (sedel) legendarni kip *Zevsa* v nadnaravni velikosti – izdelek Fidijskega iz slonove kosti in zlata. V Rimu je bil najpomembnejši Jupitrov tempelj na Kapitolu.



Običajno je upodobljen v zreli moški lepoti in mogočnosti. V roki drži strele, ob njem je običajno tudi njegov ptič - orel.

Jupiter je bil zaščitnik Latinske zveze. Jupitru so bile posvečene *Ide* (dnevi s polno luno). Rimljani so v njegovem hramu na Kapitolu sklepali pogodbe in dajali zaobljube, tu je senat sklepal o vojni in miru ter opravljal daritve. V Jupitrovem hramu in pod njegovo zaščito so podpisovali tudi mednarodne pogodbe.

Znane so najbolj trdne prisege antike: "Zevsa mi!" "Pri Jupitru!" Znan in velikokrat uporabljen (tudi zlorabljen) pa je rek: "**Quod licet Iovi, non licet bovo!**" (Kar velja za Jupitra, ne velja za junca! ali: Pravila niso za vse enaka!)

Jupiter je bil tudi velik in vsestranski ljubimec. Tudi s tem je dokazoval svojo moč in oblast. Božanske otroke je imel z ženo in sestro *Lunono* - *Hero*): (**Aresa** - *Marsa*, **Hefaistosa** - *Vulkana*, **Hebo**). Še več jih je imel z božanskimi sestrami in tetami (z *Leto*: **Apolona** in **Artemis** – *Diano*; z *Diono*: **Afrodito** – **Venero**; z *Demetro* - *Ceres*: **Persefono**; z *Maio*: **Hermesa** - *Merkurja*, itd.) pa tudi delno sam s sabo (donosil je hčerko boginje *Metis* - **Ateno** - *Minervo*)!

Seveda si je zaželel še vrsto prelepih zemljank, po možnosti kraljevega rodu. Iz teh zvez so nastali polbogovi. Žena *Junona* je bila zato skoraj nenehno zlovoljna. Nam pa je v spomin na njegove pustolovščine ostala vrsta lepih mitoloških zgodb o ljubeznih in junakih.

Jupitrove lune nosijo imena njegovih številnih ljubezni. Za primer vzemimo galilejske lune: z **Io** je imel otroke: *Epafa*, *Libijo*, *Egipta* in *Danaja*. Z **Evropo** je imel tri sinove, med njimi *Minosa*; s **Kalisto** *Arkturja*; posebno poglavje pa je pastirček kraljevega rodu **Ganimed**, pri katerem seveda ni bilo otrok.

Ostali slavni *Zeusovi* – Jupitrovi otroci so bili: **Polideuks** (eden od Dvojčkov ali Dioskurov), ki ga je imel z *Ledo* kot labod; potem je imel še **Perzeja** z *Danao* kot zlati dež; **Heraklesa** z *Alkmene* kot njen mož, itd.

Ob tem nikakor ne smemo pozabiti, da je bil Jupiter med drugim **varuh morale in družinske zvestobe** (sic!).



### Saturn – Saturnus - *Kronos*

Saturn je bil staroitalski bog poljedelcev, rodovitnosti in blaginje. Saturn je bil tisti bog, ki je ljudi pripeljal iz časov divje primitivnosti v civilizacijo. Zato njegovo dobo imenujejo tudi zlato obdobje človeške zgodovine (*Aurea aetas*).

Pozneje se je združil s pojmovanjem grškega boga stare generacije *Kronosa*, ki naj bi se že po grški verziji po porazu proti *Zevsu*, skupaj s svojimi zavezniki, umaknil v posebna nebesa - *Elizij*, rezervirana za (upokojene) bogove.

Rimljani so bogu Saturnu vsako leto od 17. do 24. decembra prirejali slavlja, ki so jih imenovali **saturnalije**. V času saturnalij so praznovali vsi, celo sužnji. Ljudje so se med seboj obdarovali, vrstili so se karnevali, pojedine in pijančevanja.

Tudi sužnji so od svojih gospodarjev dobivali darove in so jim v teh dneh celo smeli ugovarjati. Po nekaterih virih naj bi se s tem spominjali zlatih časov enakosti med ljudmi pred nastankom lastninskih razmerij. Saturnove lune nosijo imena njegovih bratov in sester.

### Uran – Uranos - *Uranus*

Uran je Nebo, ki ga je v grški kozmologiji rodila Gea in mu postala žena. Skupaj z njim je imela prvi rod bogov – **Titane**, pa tudi Kiklope in Hekatonheire. Ker je prerokba pravila, da ga bo eden od otrok vrgel s prestola, jih je Uran vse po vrsti metal v podzemno bronasto ječo **Tartaros**. Gea je bila ogorčena, saj ji je bilo žal otrok. Najmlajšega Titana – *Kronosa* (čas) – Saturna je vzpodbujala na upor proti očetu. Iz svojih nedrij mu je skovala srp. Z njim je *Kronos* Urana skopil ter ga tako oslabil (»Čas ga je povozil«). Sam je prevzel oblast, Gea pa je bila spet ogorčena, saj je bil pohabljen njen otrok, ki ji je bil hkrati še mož! Iz kapljic Uranove krvi, ki so kapljale na zemljo so tako nastali Giganti in strašne boginje maščevanja – **Erinije** – **Furije**, po eni od verzij pa še morska pena iz katere se je rodila Afrodita.



### Neptun - Pozejdon

Po zmagi nad očetom *Kronosom* so si trije bratje razdelili svet: *Zevs* – Jupiter je dobil nebo, *Hades* – Pluto podzemlje, *Pozejdon* – Neptun pa morje. Poleg te oblasti, je bil Neptun še bog konj in ker je bil zelo spremenljive volje, je občasno skrbel še za potrese. Živel je v palači iz koral in biserov na dnu morja. Njegovi spremljevalci so **Triton** in **delfini**, vedno je na konju in v rokah nosi značilni **trizob**. Z njim razburka in ukroti morje. *Pozejdon* je bil pri Grkih veliko bolj cenjen, kot Neptun pri Rimljanih. Grki so bili pomorski narod in so bili od muhastega boga (pravzaprav morja) pač veliko bolj odvisni.



Neptun je bil zelo nasilen bog, tudi v ljubeznih se ni ustavil niti pred posilstvi. Njegovi otroci pa so zelo različni. Od spremljevalca **Tritona**, slavnega lovca **Oriona**, atenskega junaka **Tezeja** do pošastnega **Polifema**, enookega Kiklopa (ni iz zgodbe o Gei in Uranu), s katerim je imel probleme *Odisej*.

### Pluton – Pluto - *Hades*

Vladar istoimenega podzemlja. Po njem je podzemlje pravzaprav dobilo svoje ime. Grki v srečno življenje po smrti sploh niso verjeli, zato nebes niso poznali. Za smrtnike je po smrti obstajalo le podzemlje, pozabljenje in dolgčas.

Vladal mu je temni vladar, ki se je temu primerno oblačil in obnašal. Vozil je črno kočijo in se držal zase. Ljudje in bogovi so se ga bali, se mu izogibali in ga sovražili. Ženo, prelepo **Persefono** je moral ukrasti. In še *Zevs* lastne hčere, kljub Demetrinim prošnjam, ni upal rešiti. Le za pol časa na leto jo je po dogovoru s Plutonom osvobodil podzemlja in takrat sveti na nebu kot Devica.

Pluton je tudi Orkus – Bogatin, čuvaj zakladov, ki so bili pri njem res na varnem, saj si tja ni nihče upal, niti želel. Samo trije legendarni junaki so se od tam vrnili: Herakles, Orfej in *Odisej*.

*Hadesa* – Plutona spremlja vrsta simbolnih likov. **Brodar Haron** (edina Plutonova luna) prepelje dušo preko reke pozabljenja – **Stiks**. Njegovo plačilo je **obolos**, grški kovanec, ki so ga v ta namen dajali mrtvim pod jezik. V podzemlju straži duše strašni troglavi pes **Cerberos**, mučijo pa jih boginje maščevanja **Erinije**. *Hadesovi* – Plutonovi spremljevalci so še **Tanatos** (smrt, pri Grkih moškega spola), **Hypnos** (spanje) ter **Morfeus** in **Fanatos** (sanje).



(*Opomba: poševno pisana imena so grška verzija rimskih imen.*)

## Nomen est omen

Ime je znak, ime ima pomen, ni slučajno izbrano. Med večino imen in značilnostjo planetov seveda lahko najdemo zvezo. In kakšna ta zveza je?

**Merkur** (bog trgovcev, popotnikov, tatov): Zveze ne poznam (hitrost?).

**Venera**: Čudovita, bleščeča, najlepša »zvezda« na našem nebu, pravo ime za boginjo lepote.

**Zemlja – Gea**: Pramati vsega živega, seveda tudi ljudi, ki jih je po legendi Prometej, sin Titana Japeta napravil iz zemlje - ilovice.

**Mars**: Rdeči planet, ki simbolizira kri in se lepo poda bogu vojne.

**Jupiter**: Največji planet Osončja, ime po bogu, ki velja za očeta bogov in ljudi.

**Saturn**: Mogočni planet, ki izraža veličino *Kronosa* – Saturna.

**Uran**: Isto kot pri Saturnu – poklon starim bogovom.

**Neptun**: Modri planet, primerno ime za boga vodovja.

**Pluton**: Temni, skrivnostni in malo znani planet, tako kot bog podzemlja.

## ASTRONOMIJA V VELIKI BRITANIJ

asist. dr. Andreja Gomboc

Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani,  
Astrophysics Research Institute, LJMU, Velika Britanija

Zgodovina astronomije v Veliki Britaniji je dolga in bogata. Da so na tem ozemlju živeča ljudstva z zanimanjem opazovala nebesne pojave že pred več kot pet tisoč leti, vidimo v megalitskih ostankih v Stonehengu in Aveburyju. Razporeditev njihovih kamnitih blokov glede na smer vzhoda Sonca na dan poletnega solsticija kaže, da sta poleg obrednih namenov služila verjetno tudi kot ogromna astronomska koledarja.

V novejši zgodovini je med britanskimi fiziki in astronomi verjetno najbolj znan Sir Isaac Newton, ki je pred dobrimi 300 leti s svojim gravitacijskim zakonom razložil fizikalno ozadje gibanja planetov okoli Sonca. Njegov sodobnik Edmund Halley je znan predvsem po odkritju, da se kometi periodično vračajo v bližino Sonca, po njemu imenovan Halleyev komet na primer vsakih 75 let. Sir William Herschel je konec 18. stoletja med drugim odkril planet Uran in njegovi luni Titanijo in Oberona, Saturnovi luni Mimas in Enkelad ter ledene polarne kape na Marsu. Ob približno istem času je škotski astronom Thomas Henderson izmeril prvo razdaljo do zvezde (Alfe Kentavra). William Lassell, liverpoolski poslovnež in astronom, je s teleskopom lastne izdelave leta 1846 odkril luno Triton v bližini nekaj tednov prej odkritega Neptuna, pri katerem je igral posebno vlogo še en Britanec, Sir George Airy. Da so nekatere meglice na nebu plinaste, vključno z Orionovo, je odkril William Huggins, Sir Joseph Lockyer pa je leta 1869 odkril v sončevem spektru črte novega elementa - helija. V začetku 20. stoletja je Arthur Eddington prvi z meritvami potrdil

Einsteinovo napoved o ukrivljanju poti svetlobe v bližini Sonca in razložil utripanje Kefeid. Sir Fred Hoyle, znan tudi kot pisec znanstvene fantastike, je med drugim skoval izraz "veliki pok", čeprav se s to teorijo nastanka vesolja ni strinjal. Skupaj z Margaret Burbidge in drugimi sodelavci je leta 1957 pokazal, da vsi kemijski elementi v vesolju, razen najlažjih, nastanejo v jedrskih reakcijah v središčih zvezd. Antony Hewish je kot vodja skupine, ki je odkrila prvi pulzar, dobil leta 1974 Nobelovo nagrado. Sir Roger Penrose in Stephen Hawking sta znana predvsem po prispevku k splošni teoriji relativnosti in astrofiziki črnih lukenj. Prava legenda britanske astronomije pa je Sir Patrick Moore, izjemen popularizator astronomije in avtor več kot sedemdesetih knjig (med drugimi tudi Atlasa vesolja, ki ga imamo tudi v slovenskem prevodu). Na britanski televiziji vodi vsak mesec poljudno oddajo imenovano "Sky at Night" že od l. 1957 (oddaje posnete od decembra 2001 naprej si lahko ogledate tudi na spletni strani <http://www.bbc.co.uk/science/space/spaceguide/skyatnight/proginfo.shtml>). Posebno mesto v zgodovini astronomije ima Kraljevi observatorij v Greenwichu, ki ga je 1675. leta ustanovil kralj Charles II z namenom, da pomaga rešiti problem natančnega merjenja zemljepisne dožine in časa. Dolga leta prerekanj o tem, kje naj bi potekal poldnevnik nič in je vsaka država potegnila svojega, so se končala leta 1884, ko so Britanci premagali tekmece s Pariškega observatorija in dosegli z mednarodnim sporazumom, da se zemljepisna dolžina (še danes) meri od poldnevnika na Greenwichu. Časovna kroglja (slika desno) postavljena 1833. leta se vsak dan ob 13:00 spusti in je nekoč služila za uravnavanje pomorskih kronometrov na ladjah, ki so plule mimo po Temzi.



Danes se z astronomskimi raziskavami v Veliki Britaniji ukvarja okoli 1500 astronomov (od tega približno 500 podiplomskih študentov) na okrog 40 institucijah: poleg slavnih v Cambridgu in Oxfordu so večji centri še v Londonu,



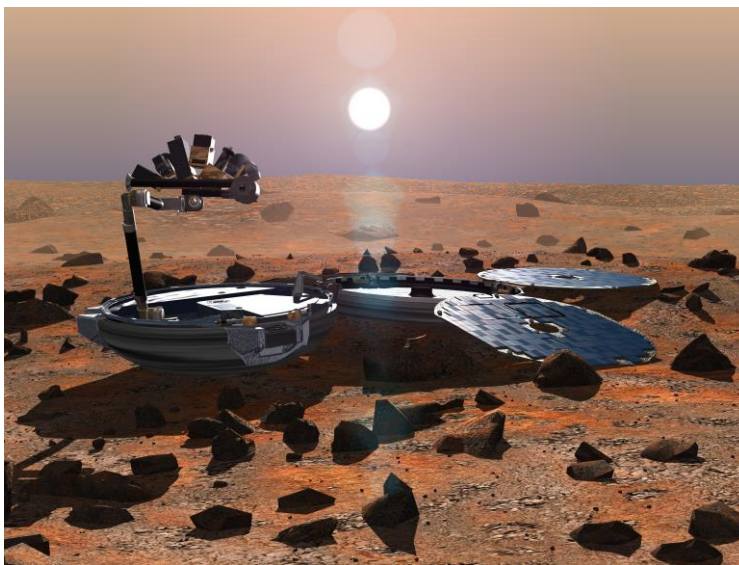
Manchesteru, Liverpoolu, Leicesteru, Edinburghu, in Durhamu. Kot je splošno znano, britansko oblačno vreme ni najbolj naklonjeno astronomskim raziskavam (izjema so radijski teleskopi, na primer na observatoriju Jodrell Bank v bližini Manchestra, ki jih oblaki ne motijo tako zelo), zato večina britanskih teleskopov stoji na boljših lokacijah na tujem, predvsem v Avstraliji, na Havajih, Kanarskih otokih in v Čilu. Julija 2002 se je Velika Britanija pridružila Evropskemu južnemu observatoriju, kar je britanskim astronomom odprlo vrata štirih 8,2-metrskih teleskopov in številnih manjših na observatoriju v Čilu. Na Havajih poteka na 15-metrskem teleskopu James Klerk Maxwel eden najuspešnejših programov imenovan SCUBA. Med pomembne novejšje pridobitve britanske astronomije sodijo tudi revolucionarni infrardeči spektrometer na 3,8-metrskem UK Infra Red Telescope na Havajih ter dva 8-metrška teleskopa Gemini, en na Havajih in drugi v Čilu.

Ker s teleskopi na površju Zemlje ne moremo opazovati vesolja v vseh valovnih dolžinah, saj nekatere Zemljina atmosfera ne prepušča, potrebujemo raziskovalne satelite, ki se dvignejo nad njo.

Tak primer je satelit XMM-Newton, skupen projekt Britancev z Evropsko vesoljsko agencijo, ki od leta 2000 opazuje vesolje v rentgenskih žarkih. Britanski raziskovalci igrajo pomembno vlogo tudi pri satelitu SWIFT, ki ga večinoma financira ameriška NASA. Ta bo detektiral žarke gama in je predviden za izstrelitev v orbito sredi leta 2004. Velik projekt, pri katerem sodeluje tudi Velika Britanija, je Vesoljski teleskop James Webb, ki je predviden kot 6,5-metrski naslednik Vesoljskega teleskopa Hubble in naj bi ga poslali v orbito leta 2011.

Britanski astronomi se v svojih raziskavah ukvarjajo s številnimi in zelo raznovrstnimi temami. Od na eni strani precej eksotičnih kot na primer iskanje temne snovi in lahkih subatomskih delcev, ki jih napoveduje teorija supersimetrije, kozmičnih delcev in detekcije gravitacijskih valov, prek tem, ki se slišijo bolj vsakdanje, kot so galaksije in zvezde, pa prav do domačega dvorišča - našega Osončja. Tu je med drugim posebnega pomena opazovanje Sonca in njegovih peg ter razumevanje vpliva Sončevega vetra na Zemljo in njeno magnetno polje. Za razumevanje nastanka Osončja in njegovega razvoja pa so nujni tudi "obiski" planetov in drugih teles v Osončju. Britanski raziskovalci sodelujejo pri projektu, ki ga vodita NASA in Evropska vesoljska agencija, misiji vesoljskega plovila Cassini/Huygens. Ta je pred tremi leti letel mimo Jupitra in se trenutno približuje svojemu cilju: Saturnu. Tja naj bi prispel julija 2004, sonda Huygens pa naj bi se pol leta kasneje spustila v gosto atmosfero Saturnove lune Triton. Britanci sodelujejo tudi pri misiji Rosetta, ki naj bi (po preloženih izstrelitvi zaradi težav z nosilnimi raketami Ariane) poletela v vesolje z enoletno zamudo februarja 2004. Njen cilj je opazovanje kometov in njihovih zamrznjenih jeder, ki so posebej bogat vir informacij o zgodnjem Osončju.

Nedavna odkritja, da lahko življenje na Zemlji obstaja tudi v zelo ekstremnih pogojih, so ponovno podžgala zanimanje o možnem obstoju življenja še drugod v Osončju. Marsova površina, čeprav na videz suha in brez življenja, s svojimi kanali priča, da je v preteklosti obstajala voda na Marsu in morda obstaja pod površino še danes. Iskanje dokazov o prisotnosti vode je eden glavnih namenov misije Evropske vesoljske agencije Mars Express. Britanci pri misiji sodelujejo z inovativno sondo Beagle 2, imenovano po ladji, na kateri je Charles Darwin domislil svojo razlago izvora rastlinskih in živalskih vrst. Beagle 2 bo pristal na Marsu in tam med drugim vzel ter analiziral vzorce površine in atmosfere ter iskal dokaze o obstoju (preteklega ali sedanjega) življenja na Marsu. Mars Express je poletel v vesolje junija 2003, Beagle 2 pa naj bi se od njega odcepil in pristal na Marsu na Božični dan 2003. Kdo ve, morda bo odkril, da Božiček stanuje na severnem polu - ne Zemljinem, ampak Marsovem. Merry Christmas Beagle 2!



## ROBOTSKI TELESKOPI

asist. dr. Andreja Gomboc, FMF, Univerza v Ljubljani  
Astrophysics Research Institute, JMU, Velika Britanija

Čeprav so starodavni astronomi verjeli, da so nebo in zvezde nespremenljive, pa danes vemo, da številni astronomski objekti spreminjajo bodisi sij, bodisi spektralne lastnosti ali pa kar oboje. Med spreminjive spada vrsta astronomskih objektov vse od kometov v našem Osončju in bližnjih zvezd pa do najbolj oddaljenih galaksij. Spremembe se lahko dogajajo na zelo različnih časovnih skalah: poznamo takšne, ki se zgodijo v nekaj sekundah, pa tudi takšne, ki trajajo več let. Nekatere spremembe so pravilne in jih je možno napovedati, druge pa popolnoma nepredvidljive. Vse te lastnosti spreminljivih objektov seveda močno vplivajo na možnosti njihovega opazovanja in s tem na to, kar o njih in fizikalnih procesih, ki povzročajo spremembe, uspemo izvedeti.

Pri študiju in opazovanju vseh vrst astronomskih teles od zvezd do galaksij nujno potrebujemo teleskope. Dostop astronomov do teh dragocenih naprav pa temelji na rigidnih procedurah: za opazovalni čas na profesionalnih teleskopih se astronomi prijavijo nekaj mesecev vnaprej in, če je njihov predlog opazovanja sprejet, dobijo po navadi nekaj opazovalnih noči na teleskopu. Ko se približa čas opazovanj, čaka astronoma potovanje do teleskopa, ki je ponavadi na samotni planini, visoko nad inverzijsko plastjo (kjer prihaja do večine oblačnosti in atmosferskih motenj) in daleč v stran od mestnih luči. Po preteku dodeljenega časa na teleskopu se astronom vrne domov - če je bilo vreme ugodno z novimi opazovalnimi podatki, v nasprotnem primeru pa praznih rok. Samo potovanje lahko traja tudi nekaj dni in astronom ga mora ponoviti vsakič, ko želi opazovati. Za spreminjive objekte, ki jih je recimo potrebno opazovati enkrat tedensko, je takšen način opazovanja zelo nepraktičen. Očitna rešitev je robotski teleskop, ki je sposoben samostojno izpeljati opazovanja in jih ponavljati v ustreznih intervalih. Z razvojem tehnologije je postala ta želja astronomov danes tudi povsem uresničljiva.

Majhni robotski teleskopi so v astronomski uporabi že vrsto let, predvsem za opazovanje spreminljivih zvezd in pozicijsko astronomijo (natančno merjenje položaja zvezd), avtomatsko iskanje supernov v bližnjih galaksijah, ipd. Zelo uspešen primer uporabe avtomatskega teleskopa najdemo tudi doma - na Observatoriju Črni vrh nad Idrijo poteka program avtomatskega iskanja kometov in asteroidov PIKA, ki je doslej prinesel že več kot 90 odkritij novih asteroidov.

V začetku leta 2004 pa bo začelo z rednim opazovanjem tudi nekaj večjih<sup>1</sup> robotskih teleskopov: italijanski teleskop REM na observatoriju La Silla v Čilu s premerom 0.6 m, in trije s premerom 2 m: teleskop Liverpool na kanarskem otoku La Palma ter dva teleskopa Faulkes: en na havajskem otoku Maui in drugi v Siding Spring v Avstraliji.

### Kaj je robotski teleskop?

Robotski teleskop v normalnem obratovanju deluje brez prisotnosti in nadzora človeka. To seveda predstavlja večje tehnične zahteve kot pri konvencionalnem teleskopu, ki ga (s pomočjo računalnikov) krmili in nadzoruje človek. Robotski teleskop potrebuje računalniški sistem, ki deluje kot nadomestek za dežurnega astronoma. Sposoben mora biti



Slika 1: Teleskop Liverpool na kanarskem otoku La Palma je s premerom 2 m največji robotski teleskop na svetu namenjen raziskavam. Njemu identična sta teleskopa Faulkes, ki pa bosta uporabljena pretežno v izobraževalne namene. Znatna novost v njihovem dizajnu je kupola, ki se v celoti odpre - to zmanjšuje lokalne termične efekte in zmanjša odzivni čas teleskopa, saj pri premiku teleskopa na nov objekt opazovanja ni potrebno čakati, da se v primeren položaj zasuče tudi kupola.

<sup>1</sup>Čeprav dandanes teleskope premera okrog 1 do 2 m štejemo med majhne ali srednje in se kot "velik" teleskop smatra takšen s premerom okrog 10 m ali celo več, pa lahko imenujemo robotski teleskop s premerom 2 m vendarle velik, saj je to največji premer robotsko delujočega teleskopa danes.



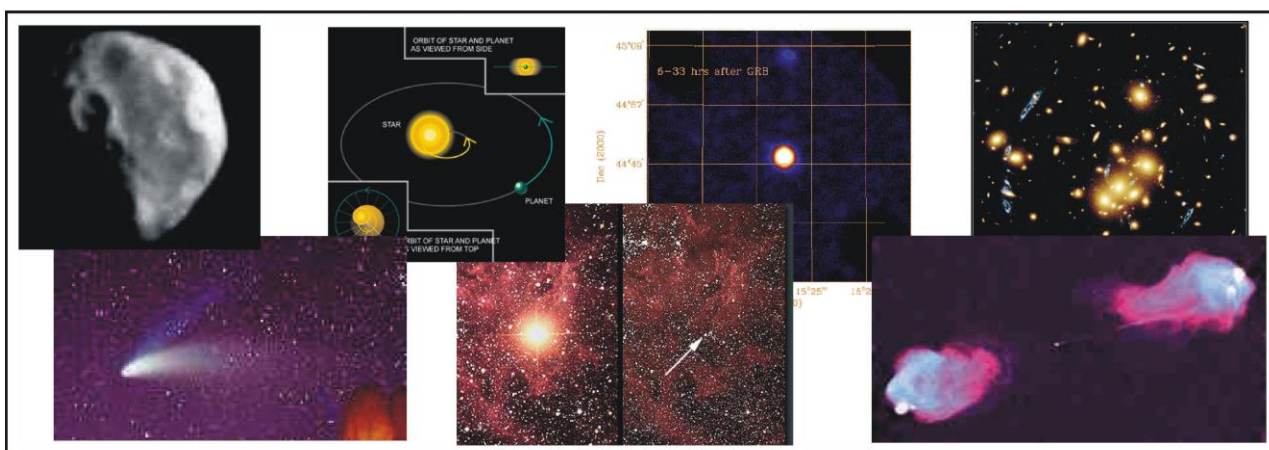
samostojnega obratovanja, sprejemanja potrebnih odločitev in zaščite teleskopa pred poškodbami, ob tem pa mora biti zelo zanesljiv, robusten in tolerant do napak. Sistem, ki nadzoruje obratovanje teleskopa mora biti sposoben, da si opomore ali zaobide večino pogostih napak in le v primeru, ko spozna, da je prišlo do napake ali okvare, ki je ne zmore avtomatsko popraviti, obvesti operaterja - npr. pokliče po telefonu tehnično osebo, ki skrbi za vzdrževanje observatorija. Sistem mora samostojno izvajati vse operacije od odpiranja in zapiranja kupole, priprav na opazovanje, fokusiranje, opazovanje, grobo oceno kvalitete opazovanj in določanje vrstnega reda opazovanj. Zelo pomemben je seveda tudi odziv teleskopa na spremembe vremena. Slabo vreme (dež, močan veter in visoka vlažnost) ne samo ustavi opazovanje, ampak lahko tudi poškoduje teleskop. Robotski teleskop zato potrebuje avtomatski sistem detekcije vremena, ki ob nevarnih vremenskih razmerah sproži avtomatsko zapiranje kupole in s tem zaščiti teleskop. Vremenske spremembe vplivajo tudi na vrstni red opazovanj: npr. določena opazovanja zahtevajo samo izvrstne vremenske pogoje, medtem ko druga niso tako občutljiva. Nekateri manjši robotski teleskopi imajo vnaprej določen vrstni red opazovanj, npr. da ga določi astronom ali računalnik za celo noč vnaprej na začetku noči, vendar je veliko bolj učinkovito določati vrstni red opazovanj oz. izbirati naslednji objekt opazovanja sproti. Teleskopski sistem tako iz dane baze podatkov o objektih, ki jih je potrebno opazovati, samostojno izbere naslednjega glede na vrsto faktorjev. Med njimi so: učinkovitost izrabe opazovalnega časa, poštenost do opazovalnih programov z različnih institucij, opazovalni pogoji, lastnosti objekta, nujnost opazovanja nekega objekta, razpoložljiv čas, dokončanje že začete opazovalnega projekta in znanstvena zanimivost.

Robotski teleskopi imajo tako vrsto prednosti v primerjavi s konvencionalnimi, ki potrebujejo prisotnost človeka. Med njimi so nižji stroški obratovanja, večja učinkovitost pri izrabi opazovalnega časa, prihranek časa astronomov in denarja za njihova potovanja, večje število dokončanih opazovalnih projektov, izvedljivost projektov, ki zahtevajo redno npr. tedensko ponavljanje opazovanj in hiter odziv na satelitska obvestila o izrednih dogodkih ter prilagodljivost opazovalnega programa. Seveda robotski teleskopi ne morejo popolnoma nadomestiti konvencionalnih, saj nekatere vrste opazovanj vendarle zahtevajo prisotnost izkušenega astronoma. So pa robotska opazovanja ustrežnejša v primerih, ko je rezultate opazovanj možno oceniti avtomatsko, npr. pri direktnem slikanju, fotometriji ipd. V teh primerih lahko po končani opazovalni noči računalniški sistem avtomatsko obdela dobljene posnetke in jih razpošlje na ustrezne naslove. Naslednje jutro astronomi na različnih koncih sveta ob jutranji kavici ali čaju prižgejo računalnik v svoji sobi in se lahko nemudoma posvetijo ugotavljanju, kaj podatki, dobljeni medtem ko so sami prijetno spali, povedo novega o vesolju.

### Astronomija z robotskim teleskopom

Astronomske teme, ki jih je možno raziskovati z robotskim teleskopom, so seveda odvisne od astronomov, ki ga uporabljajo, vendar lahko glede na prednosti robotskega teleskopa vsaj v grobem ocenimo, na katerih področjih astronomije bo njihov prispevek v prihodnjih letih največji:

- **spremenljive zvezde** - zvezdam se spreminja sij zaradi vrste vzrokov: vrtenja, pulziranja, sprememb v strukturi ali v dvojnih sistemih zvezd zaradi mrkov, prenosa mase z ene na drugo zvezdo itd. V vseh teh primerih nam spreminjanje sija in barve zvezde s časom omogoča proučevanje fizikalnega dogajanja, ki je odgovorno za nastale spremembe in v primerih določenih spremenljivk (npr. Kefeide) tudi merjenje oddaljenosti.



Slika 2: Robotski teleskopi bodo prinesli zanimiva odkritja na zelo različnih astronomskih področjih: vse od asteroidov in kometov v našem Osončju ter planetov v drugih osončjih, pa do silovitih eksplozij supernov, izbruhov sevanja gama ter aktivnih galaktičnih jeder in najbolj oddaljenih kvazarjev.

- **akrecijski diski** - v nekaterih dvojnih sistemih zvezd ena od zvezd (npr. bela pritlikavka, nevtronska zvezda ali črna luknja) s svojim gravitacijskim privlakom vleče snov z druge zvezde nase v obliki akrecijskega diska.

Podobno nastanejo akrecijski diski v jedrih aktivnih galaksij in kvazarjih, kjer središčna črna luknja vleče vase okoliški plin. V obeh primerih je z opazovanjem sprememb sija teh sistemov pri različnih valovnih dolžinah mogoče ugotoviti potek temperature v akrecijskem disku, gostote in velikosti ter razkrivati, kako do teh sprememb prihaja.

- **gravitacijsko lečenje** - tako pravimo pojavu, ko masivni objekt deluje na svetlobo podobno kot zbiralna leča. Opazimo ga pri oddaljenih kvazarjih, kjer njihovo svetlobo na poti do nas leči vmes ležeča galaksija in vidimo več slik istega kvazarja. Spremembe v siju teh slik niso istočasne - iz meritve časovnega zamika lahko izmerimo oddaljenost kvazarja in s tem Hubblovo konstanto, ki določa hitrost širjenja in velikost vesolja. Podobno lahko svetlobo neke zvezde s svojo gravitacijo leči masivni planet - detekcija npr. enodnevnega povečanja sija zvezde lahko pomeni odkritje planeta Jupitrove velikosti in s tem novega sončnega sistema.
- **izbruhi sevanja gama** - so siloviti izbruhi visokoenergijskega sevanja gama, ki trajajo le nekaj sekund, detektirajo pa jih sateliti v orbiti nad Zemljino atmosfero. Robotski teleskopi se lahko hitro odzovejo na signal o takšnem dogodku, ki ga dobijo s satelita, opazujejo območje izbruha v vidni svetlobi in s tem pripomorejo k razrešitvi uganke izvora teh skrivnostnih pojavov. Točne razlage za njihov nastanek še ni, najbolj popularni modeli pa vključujejo ali kolaps zelo masivne zvezde v črno luknjo ali združitve dveh nevtronskih zvezd.
- **supernove** - nepredvidljive eksplozije supernov lahko služijo kot "standardna svetila" pri določanju razdalj v vesolju. Vendar nedavna opazovanja kažejo, da so bolj oddaljene supernove šibkejše, kot bi pričakovali. Robotski teleskopi lahko pripomorejo k rešitvi uganke s takojšnjim opazovanjem in z merjenjem poteka krivulje sija v optimalnih časovnih razmikih.
- **asteroidi in kometi** - robotski teleskopi so uporabni za spremljanje položaja in izračun orbit asteroidov in kometov, kar je posebej pomembno v primeru, da se tir katerega od njih zelo približa Zemljinemu, saj bi to v prihodnosti lahko predstavljalo potencialno nevarnost za Zemljo.

Robotski teleskopi so izredno uporabni tudi pri merjenju paralakse in lastnega gibanja zvezd, saj zahtevajo te meritve ponavljajoča opazovanja (pol leta narazen v primeru paralakse, ali čez obdobje nekaj let v primeru lastnega gibanja). V nekaterih primerih je pravo naravo astronomskega dogajanja mogoče razkriti le z istočasnimi opazovanji v različnih valovnih dolžinah npr. s satelitom in optičnim ali radijskim teleskopom - z robotskim teleskopom je takšna opazovanja možno načrtovati ob točno istem času, kot opazuje objekt satelit ali drugi teleskop. Pogosto se tudi zgodi, da kakšen izmed satelitov detektira izjemen dogodek, ki ga je škoda zamuditi in ga je potrebno nemudoma opazovati tudi z drugimi instrumenti, vključno z optičnimi teleskopi. En takšen primer objektov so prej omenjeni izbruhi sevanja gama, vendar se lahko robotski teleskop odzove tudi na sporočila s satelitov, ki opazujejo v rentgenskem (Chandra, XMM) ali infrardečem (FIRST) delu spektra ali z radijskega teleskopa kot je VLA.

### Robotski teleskopi in širša javnost

Robotskih teleskopov pa ne bodo uporabljali le astronomi. Trije od prej omenjenih teleskopov, teleskop Liverpool in oba teleskopa Faulkes, so vključeni v *National School Observatory* - to je britanski program, ki omogoča uporabo profesionalnih raziskovalnih teleskopov tudi učencem osnovnih šol. Njegov namen je skozi astronomijo spodbuditi in razvijati zanimanje otrok za znanost. Približno 5 odstotkov opazovalnega časa teleskopa Liverpool bodo lahko uporabljale šole, njemu identična teleskopa Faulkes pa sta sploh posebnost: večina njunega opazovalnega časa je namreč namenjenega šolam in izobraževanju, financira pa ju privatna fundacija Dill Faulkes Educational Trust (imenovana po Dillu Faulkesu, ki je doniral okrog 8 milijonov britanskih funtov v ta namen). Teleskop Faulkes 1 na Havajih pokriva severno nebo, teleskop Faulkes 2 pa stoji v Avstraliji in pokriva južno nebo. Časovna razlika okrog 11 ur med tema krajema in Evropo pa omogoča učencem šol v Veliki Britaniji udobno opazovanje havajskega in avstralskega nočnega neba med rednim dnevnim šolskim poukom. Ker robotski teleskop za svoje delo ne potrebuje prisotnosti človeka, ga je mogoče kontrolirati tudi na daljavo prek interneta. To sodelujočim šolam omogoča poseben računalniški program, ki je del projekta National School Observatory. Na spletni strani tega projekta ([www.schoolobservatory.org.uk](http://www.schoolobservatory.org.uk)) pa lahko učenci in učitelji najdejo pomoč pri izbiri objekta opazovanja, pri pripravi na opazovanje, pri kasnejši analizi posnetkov ali pa se poigrajo z računalniško simulacijo robotskega teleskopa. Podobno obstaja tudi program vključevanja uporabe teh teleskopov in dobljenih posnetkov v nekatere britanske planetarije.

Tako robotski teleskopi ne bodo služili le za zabavo peščice astronomov, ampak bo lahko z njimi tudi širša javnost okusila, kako je biti astronom, spoznala lepšo plat tega nikoli dolgočasnega poklica ter z njimi pokukala v globine vesolja.

## DOLOČEVANJE VIŠINE KRATERJEV NA LUNI

asist. Robert Repnik<sup>1, 3, 4, 5</sup>, asist. mag. Vladimir Grubelnik<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>

<sup>1</sup> Oddelek za fiziko, Pedagoška fakulteta Maribor, Koroška c. 160, 2000 Maribor

<sup>2</sup> Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Smetanova ul. 17, 2000 Maribor

<sup>3</sup> Astronomsko društvo Kmica

<sup>4</sup> Univerzitetni observatorij Pedagoške fakultete Maribor, Koroška c. 160, 2000 Maribor

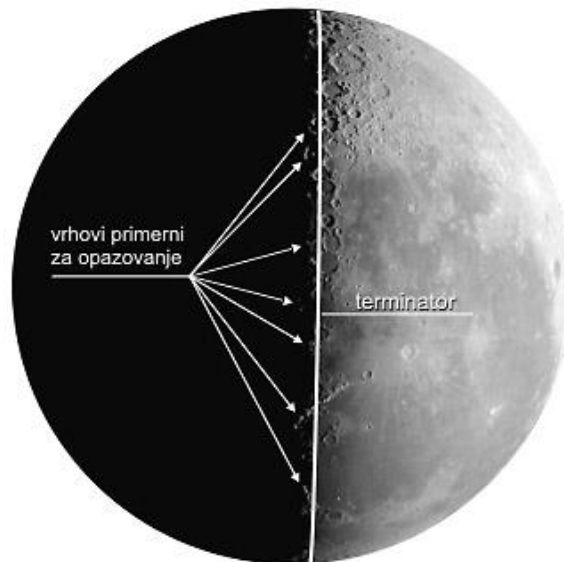
<sup>5</sup> Astronomsko društvo Polaris, Gozdna ul 2, 2366 Muta

Pri astronomskih opazovanjih s prostimi očmi lahko uzremo na nočnem nebu mnogo pojavov, ki so lahko izredno zanimivi (iskanje ozvezdij, orientacija s pomočjo zvezd, opazovanje gibanja planetov in Lune, meteorski roji, ...). Kaj kmalu pa želimo poseči pri astronomskih opazovanjih po teleskopu. Pri pogledu skozi teleskop po eni strani na račun povečave upravičeno pričakujemo vse več vidnih podrobnosti (recimo kraterjev na Luni) in po drugi strani se nam zaradi lastnosti zbiranja svetlobe teleskopov odstre globlji pogled v vesolje. Tam kjer s prostimi očmi vidimo le temo oziroma malo zvezd, se s pomočjo pogleda skozi teleskop »pojavi« precej novih objektov (zvezd, meglic, kopic, galaksij, ...). Marsikdo se pri opazovanjih skozi okular teleskopa odloči posneti tudi kakšno astronomsko fotografijo. Fotografije z astronomskimi motivi so izredno zanimive, tudi za tiste naključne opazovalce, ki se z astronomijo posebej ne ukvarjajo. Delujejo nekako mistično in prikazujejo objekte »astronomskih« dimenzij in oddaljenosti. Morda se dotikajo motivi na teh fotografijah tudi vprašanj o izvoru življenja, razvoju človeka in možnostih obstoja tudi drugih inteligentnih nezemeljskih civilizacij. Kakorkoli, v tem prispevku bomo predstavili eno izmed preprostejših a uporabnih metod za določevanje višine kraterjev na našem naravnem satelitu – Luni, seveda s pomočjo astrofotografije.

Luna je za opazovanja s pomočjo amaterskih teleskopov izredno primerna. Je nam najbližji objekt, njena kotna velikost je razmeroma velika, približno pol kotne stopinje, zato si lahko dovolimo pri opazovanjih tudi večje povečave. Seveda vsi vemo, da Luna pri enem ciklusu, ki traja približno 29,5 dni (od ščipa do ščipa), preide različne mene. Le-te so posledica različnih položajev treh teles: Zemlje, Lune in Sonca. Za opazovanja globoko-vesoljskih objektov (kopice, meglice, galaksije, ...) je najprimernejši teden, ko je Luna v mlaju, saj nas takrat od Lune odbita sončeva svetloba ne slepi. Polna Luna je najmanj primerna za opazovanja, saj nam zastre večino ostalih objektov, nje same pa skorajda ne moremo opazovati skozi teleskop, saj je svetloba, ki jo zbere teleskop, preprosto premočna. Rešitev bi bila uporaba filtra. Posledično ugotavljamo, da je za opazovanje Lune najprimernejši čas v bližini prvega krajca (Luna se debeli) ali zadnjega krajca (Luna se tanjša). Problem je lahko le v tem, da je zadnji krajec viden v nočnih urah proti jutru. Torej bomo najverjetneje opazovali prvi krajec. Takrat ima Luna obliko črke »D«; za lažje pomnjenje: »D« – Luna se »debeli«. Pri zadnjem krajcu pa ima Luna obliko črke »C«, kar lahko nekoliko narečno poimenujemo, da Luna »crkuje«.

Luna nima ravne površine (slika 1). Na njej je vse polno večjih ali manjših kraterjev. Na njej opazimo tudi večje ploskve, tako imenovana morja. Tolikšno število kraterjev na Luni je posledica dejstva, da Luna nima atmosfere. Delci, ki padejo proti Luni, ne zgorijo v ozračju, kakor se z veliko večino teh delcev zgodi pri Zemlji. Vsak delec, ki pade na Luno, povzroči večji ali manjši krater, odvisno od njegove mase, hitrosti, sestave, ... Odsotnost atmosfere na Luni pa ima za posledico tudi to, da se ti kraterji ne zabrišejo. Ni namreč vetrov, padavin, erozije tal in drugih sorodnih pojavov, ki bi skozi tisočletja zabrisali dokaze o padcu nekega delca na površje Lune.

Kaj pa to pomeni za naš pogled skozi teleskop proti Luni? Če bi Luna bila povsem ravna, bi imela vselej tudi povsem ravno razmejitev med osvetljenim in neosvetljenim delom pri različnih menah, tako imenovan terminator. V praksi opazimo, da terminator ni gladek, saj na to ravno vpliva neravnost površja Lune. V našem prispevku bomo pokazali, kako lahko s pomočjo opazovanja terminatorja in osvetljenega vrha nekega kraterja, ki je pravzaprav že v neosvetljenem področju Lune, na fotografiji Lune, določimo minimalno višino tega kraterja nad povprečnim okoliškim površjem. Metoda vsekakor ni povsem natančna. Bila bi, če bi opazovali nek vrh, ki ga obkrožva velika ravnina, a je za



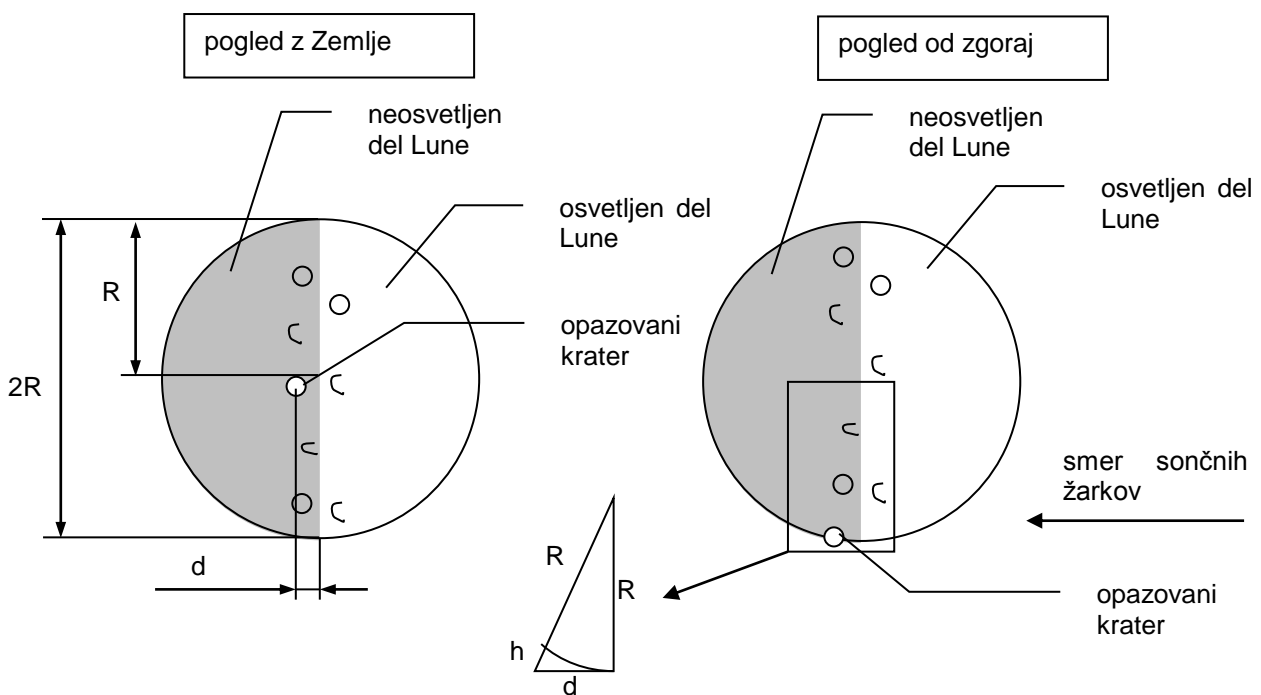
**Slika 1:** Luna nima ravne površine. Posejana je s kraterji. Zaradi tega je terminator (meja med od Sonca osvetljenim in neosvetljenim delom Lune) rahlo nazobčana črta. Za našo metodo določevanja višine kraterjev potrebujemo približno takšno fotografijo, kjer je vidna cela Luna. Nato v temnem področju poiščemo krater z osvetljenim vrhom, kateremu bomo določili višino. Posnetek je enak pogledu skozi okular zrcalnega teleskopa.

približno oceno višine kraterjev kar primerna. Vse kar potrebujemo, je kar se da dober posnetek Lune skozi teleskop. Vidna mora biti celotna Luna. Najbolje pa je opazovati fotografije, ki so bile posnete v bližini prvega ali zadnjega krajca (slika 1). V dneh pred in po mlaju ali v dneh pred in po ščipu (polni Luni) bomo najverjetneje naleteli na težave, pa tudi tu predstavljena metoda je precej nenatančna.

### Določevanje višine kraterjev natanko ob prvem (zadnjem) krajcu

Kadar se Luna nahaja natanko ob prvem krajcu (povsem enako velja, če je ob zadnjem krajcu), je postopek določevanja višine kraterjev rahlo poenostavljen glede na dneve pred in po prvem oziroma zadnjem krajcu. Metoda za določevanje višin kraterjev tudi ob teh dneh bo predstavljena kasneje. Najprej si torej pogledjmo Luno ob prvem krajcu.

Najprej na fotografiji poskusimo določiti terminator, nato v neosvetljenem delu Lune poiščemo krater, ki mu bomo določili višino (slika 1). Za razlago izraza za izračun višine si bomo pogledali Luno, kakor jo vidimo ob prvem krajcu z Zemlje (slika 2, levo) in kako bi jo videli v »tlorisu«, torej če bi se dvignili pravokotno nad ravnino, ki jo ob prvem krajcu opisujejo Zemlja, Luna in Sonce (slika 2, desno). Imenujmo ta pogled »pogled od zgoraj«. Ta tri telesa ob prvem krajcu stoje v ogliščih pravokotnega trikotnika, pravi kot je pri Luni. Poznati moramo polmer Lune, ki znaša  $R=3477,8$  km. Iz fotografije pa določimo razdaljo  $d$ , ki predstavlja razdaljo med terminatorjem in vrhom našega kraterja. To razdaljo torej določimo iz fotografije. Zlahka določimo, kolikšen delež polmera Lune predstavlja in če poznamo še polmer, lahko ugotovimo, koliko kilometrov približno znaša  $d$ . Na pogledu od zgoraj vidimo posebej izpostavljen pravokotni trikotnik, s pomočjo katerega bomo ugotovili matematični zapis za ugotavljanje višine kraterja. Ena izmed katet tega pravokotnega trikotnika je ravno razdalja  $d$ , ki smo jo določili iz fotografije. Druga kateta je  $R$ , torej polmer Lune. Hipotenuzo tega trikotnika pa predstavlja oddaljenost vrha našega opazovanega kraterja od centra Lune, torej vsota  $(R+h)$ , pri čemer je  $h$  iskana višina našega kraterja nad okoliškim površjem.



**Slika 2:** Pogled na Luno ob prvem krajcu. Sončeva svetloba na obeh slikah prihaja z desne in osvetljuje polovico Lune. Na Zemlji vidimo pogled, kot ga prikazuje leva slika, nad ravnino Zemlja-Luna-Sonce pa bi videli sliko, prikazano na desni. Vselej opazujemo krater, katerega vrh je ravno še osvetljen, nahaja pa se v sicer neosvetljenem področju Lune.

Poglejmo, kako s pomočjo pravokotnega trikotnika, prikazanega na sliki 2 desno, izpeljemo izraz za izračun višine kraterja  $h$ .

$$(R+h)^2 = d^2 + R^2$$

$$h^2 + 2Rh - d^2 = 0$$

Pitagorov izrek za pravokotni trikotnik, kvadriramo levo stran enačbe, rešimo kvadratno enačbo

$$h = \frac{-2R \pm \sqrt{4R^2 + 4d^2}}{2} \quad \text{in fizikalno smiselni je le rezultat s pozitivnim korenem}$$

$$h = \sqrt{R^2 + d^2} - R \quad \text{in dobimo izraz za izračun višine kraterja.}$$

Zanimivo je, da je ta metoda uporabna za določevanje višine kraterjev tako ob prvem kot tudi ob zadnjem kraju. Krater lahko leži na Luninem ekvatorju, pa tudi nad in pod ekvatorjem. Na fotografiji torej le določimo razdaljo  $d$  (od osvetljenega vrha kraterja do terminatorja) in ga s pomočjo podatka za polmer Lune izrazimo v km. Nato s pomočjo zgoraj izpeljanega izraza za določevanje višine kraterja:

$$h = \sqrt{R^2 + d^2} - R$$

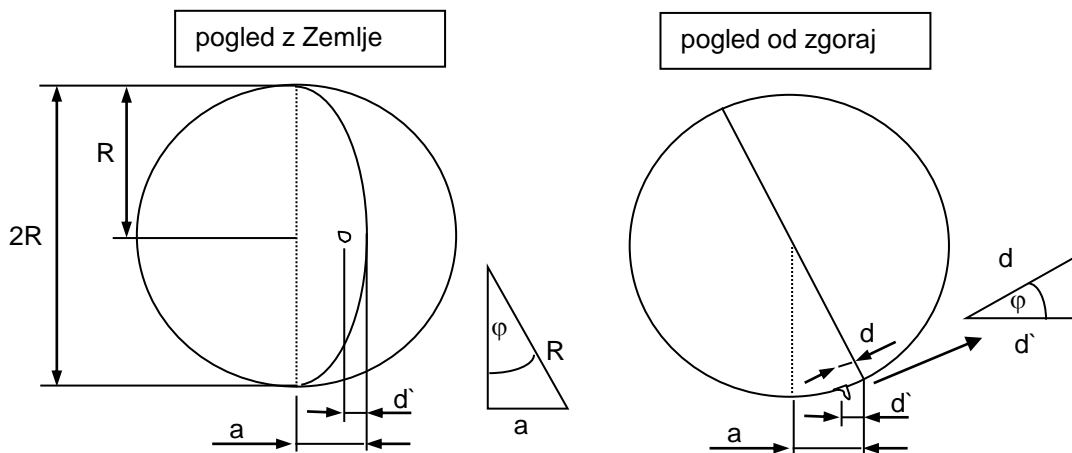
izračunamo višino  $h$  opazovanega kraterja nad povprečnim okoliškim površjem. Zavedati se seveda moramo, da je metoda bolj primerna za oceno te višine kot za natančno meritev, a je zaradi preprostosti zanimiva predvsem za srednješolce, pa tudi za učence osnovnih šol.

Pri položaju Lune v prvem ali zadnjem kraju torej določimo višino kraterja v dveh korakih:

- 1) iz fotografije določim  $d$
- 2) iz izraza  $h = \sqrt{R^2 + d^2} - R$  izračunam višino kraterja  $h$ .  $R=3477,8$  km.

### Določevanje višine kraterjev v dneh pred ali po prvem (zadnjem) kraju

Za določevanje višine kraterjev nad povprečnim okoliškim površjem v dneh pred ali po prvem kraju (povsem enako metodo lahko uporabimo v dneh pred ali po zadnjem kraju) pa moramo k prej predstavljeni metodi dodati še nekaj modifikacij. Sedaj so telesa Sonce, Zemlja in Luna še vedno v trikotniku, ki pa več ni pravokoten (slika 3). Svetloba s Sonca še vedno osvetljuje Luno z desne. Osvetljen del Lune je torej na desni, neosvetljen del pa na levi.



**Slika 3:** Določevanje višine kraterja v dneh pred ali po prvem kraju (enako pri zadnjem kraju). Sončeva svetloba prihaja z desne, desni del Lune je osvetljen, levi del neosvetljen. Opazujemo krater, ki se nahaja v neosvetljenem delu Lune, a je zaradi svoje višine  $h$  njegov vrh osvetljen.

Tokrat moramo iz fotografije Lune (slika 1) poiskati več podatkov. Najprej poskusimo čim natančneje določiti terminator. Nato povežemo oba dela, kjer se konča svetel srp na Luni. Na sliki 3 je to označeno s črtkano črto. Izberemo krater, ki mu želimo določiti višino  $h$ . Poiščemo oddaljenost vrha kraterja od terminatorja, to razdaljo označimo z  $d'$ . To še namreč ni prava razdalja  $d$ , ki jo moramo šele izračunati. Na sliki 3 sta predstavljena 2 pravokotna trikotnika. Prvi (med obema slikama Lune) je trikotnik, katerega hipotenuza je polmer Lune, spodnja kateta pa razdalja  $a$ , ki predstavlja razdaljo med terminatorjem na Luninem ekvatorju in zveznico med obema deloma osvetljenih srpov na Luni (slika 3, črtkano). Iz podatka  $a$ , ki ga prav tako določimo iz fotografije, lahko izračunamo kot  $\varphi$ , to je zasuk terminatorja od pravokotnega položaja. Za našo metodo je nepomembno, v katero smer je terminator od pravokotnega položaja odmaknjen. Pri prvem kraju je v dneh pred prvim krajem odmaknjen tako, da zmanjša z Zemlje viden osvetljen del Lune, v dneh po prvem kraju pa ga povečuje.

Kot  $\varphi$  torej izračunamo iz izraza:  $\sin \varphi = \frac{a}{R}$ .

Pravo razdaljo  $d$  izračunamo s pomočjo iz fotografije določene razdalje  $d'$ . V pomoč nam je pravokotni trikotnik, ki je močno povečano prikazan na sliki 3 skrajno desno. Pojasni nam dejstvo, da je razdalja  $d'$  zgolj projekcija prave razdalje  $d$  zaradi opazovanja z Zemlje. Razdaljo  $d$  si moramo še izračunati, le-ta pa igra dejansko vlogo v izračunu za višino kraterja  $h$ . Uporabimo kot  $\varphi$ , ki smo ga prej izračunali. Razdaljo  $d$  izračunamo s pomočjo izraza:

$$d = \frac{d'}{\cos \varphi}$$

Sedaj, ko poznamo  $d$ , imamo vse potrebne podatke za izračun višine kraterja  $h$  s pomočjo izraza:

$$h = \sqrt{R^2 + d^2} - R$$

Kot smo videli, je v primeru določevanja višine kraterjev na Luni v dneh izven prvega ali zadnjega krajca postopek malce težavnejši. Višino določimo v štirih korakih:

- 1) iz fotografije določim  $d'$  in  $a$
- 2) iz izraza  $\sin \varphi = \frac{a}{R}$  izračunam kot  $\varphi$
- 3) iz izraza  $d = \frac{d'}{\cos \varphi}$  izračunam  $d$
- 4) iz izraza  $h = \sqrt{R^2 + d^2} - R$  izračunam višino kraterja  $h$ .  $R=3477,8$  km.

Metoda za določevanje višine kraterjev za dneve izven prvega (zadnjega) krajca se seveda sklada z metodo, uporabno za določevanje višine kraterja natanko ob prvem (zadnjem) krajcu. To zlahka preverimo tako, da upoštevamo dejstvo, da je v položaju prvega (zadnjega) krajca kot  $\varphi = 0$ . To lahko ugotovimo tudi iz podatka, da je razdalja  $a=0$ . Razdalja  $d'$  pa je posledično enaka razdalji  $d$ , ki nastopa v izrazu za izračun višine kraterja  $h$ .

Metoda za določevanje višine kraterjev v dneh v bližini (ali natanko na dan) prvega oziroma zadnjega krajca je zanimiva zaradi svoje preprostosti. Resnici na ljubo je potrebno priznati, da služi bolj za oceno kot za natančne kvantitativne meritve, vendar daje zadovoljive rezultate, če le imamo kolikor toliko dobre posnetke površja Lune ob omenjenih dneh.

Morda pa bomo s pomočjo te metode napravili bodisi pri mlajših ali manj izkušenih članih v astronomskem društvu bodisi pri učencih oziroma dijakih v šoli prve korake od le preprostih opazovanj, polnih navdušenja v začetke preprostih meritev in spoznavanja uporabne vrednosti astrofotografije. Zanimivo je opazovati reakcije navdušenja mladih nadebudnežev, ko sami določijo višino nekega kraterja po omenjeni metodi. Nato jo primerjajo s podatki o pravih višinah kraterjev in ugotovijo, da so se s svojo metodo pravi vrednosti kar precej približali. Poskusite!

Viri fotografij: R. Repnik in V. Grubelnik

## OPAZOVANJE NOČNEGA NEBA S POMOČJO RAČUNALNIŠKEGA PROGRAMA »STARRY NIGHT«

asist. mag. Vladimir Grubelnik<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>, asist. Robert Repnik<sup>1, 3, 4, 5</sup>

<sup>1</sup> Oddelek za fiziko, Pedagoška fakulteta Maribor, Koroška c. 160, 2000 Maribor

<sup>2</sup> Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Smetanova ul. 17, 2000 Maribor

<sup>3</sup> Astronomsko društvo Kmica

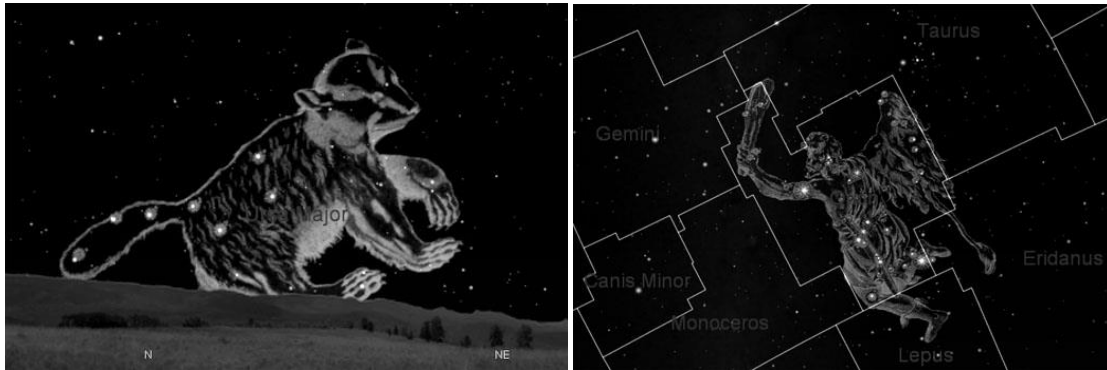
<sup>4</sup> Univerzitetni observatorij Pedagoške fakultete Maribor, Koroška c. 160, 2000 Maribor

<sup>5</sup> Astronomsko društvo Polaris, Gozdna ul 2, 2366 Muta

Človek se že od nekdaj ozira v nebo in tam išče odgovore na vprašanja, za katera drugje ne najde ustreznih odgovorov. Tako si je včasih s pomočjo bogov razlagal posamezne naravne pojave. Danes pa si preko opazovanja nebesnih teles poskušamo ustvariti čim jasnejšo in fizikalno smiselno podobo vesolja. Od trenutka, ko je človek prvič dvignil pogled k nebu in do danes je minilo že »mnogo« časa, kar pa v razvoju vesolja predstavlja le majhen trenutek, v katerem se je nočno nebo »bolj malo« spremenilo. Vse do leta 1609, ko je Galilei kot prvi znanstvenik naravnal

daljnogled k zvezdam, so bili ljudje pred nebom enaki. Pri proučevanju neba so si lahko pomagali le s svojimi očmi in razumom. Nekateri so iz tega razvili znanost, ki je dobila svoj prostor takoj za matematiko, drugi pa so se s pomočjo zvezd prikopali do mitov, ki so se izrodili v legende in pravljice.

Vsak od nas je že kdaj stal pod jasnim nočnim nebom in očaran strmel v nebo ter se pri tem spraševal, kako se znajti v vsej tej množici zvezd. Kdor bolj pozorno usmeri pogled proti nočnemu nebu opazi, da lahko posamezne svetlejšje zvezde, ki so na nebu blizu skupaj, povežemo v razne geometrijske like, kot so kvadrati, krogi, križi, rombi, ... Z malo domišljije si lahko iz geometrijskih likov naslikamo podobe bogov, junakov, živali in predmetov, ki so jih ljudstva projicirala na nebo. Ker so včasih živela različna ljudstva so si na nebu predstavljala različne podobe, saj je vsako ljudstvo videlo svojo podobo oziroma junaka v posameznem ozvezdju. V znanem ozvezdju Velikega voza so tako Grki videli Velikega medveda (slika 1a),



**Slika 1:** Ozvezdja povzeta po grški mitologiji. **A)** Ozvezdje Velikega medveda. Druga ljudstva so v tem ozvezdju videla drugačne podobe. **B)** Nebo je razdeljeno na 88 ozvezdij. Eno izmed njih je ozvezdje Orion (Slika: *Starry Night*, 4.05).

nekatera druga ljudstva pa velikana na eni nogi oziroma tri Indijance (Alkaid, Mizar, Alioth), ki lovijo štiri bizone (Dubhe, Merak, Megrez, Phecda). Zaradi različnih podob so bila ozvezdja neuporabna za splošno orientacijo po nebu. Leta 1934 pa so se pri Mednarodni astronomski zvezi (International Astronomical Union) odločili za poenotenje ozvezdij. Evropski astronomi prevzamejo grško mitologijo in razdelijo nebo na 88 ozvezdij, ki so dobila točno določene meje (slika 1b). Evropejci s tem prevzamemo podobe ozvezdij od starih Grkov in s tem tudi njihove mite in legende o katerih pričajo posamezne skupine ozvezdij. Poenotenje ozvezdij pa postane uporabno za orientacijo in iskanje posameznih objektov na nočnem nebu.

Pri opazovanju nebesnih objektov si lahko danes pomagamo z različnimi pripomočki. Te lahko v grobem razdelimo na pripomočke za orientacijo in optične pripomočke, ki nam omogočajo opazovanje svetlobno šibkejših objektov. Kadar želimo opazovati svetlobno šibkejše objekte oziroma podrobnosti posameznih objektov kot na primer površje Lune in planetov, je seveda nepogrešljiv pripomoček daljnogled oziroma teleskop. Kot praktičen pripomoček za orientacijo na nebu pa velja izpostaviti vrtljivo zvezdno karto, ki nam še posebej olajša iskanje posameznih ozvezdij. V današnjem času imamo na razpolago že tudi precej računalniških programov, ki nadomeščajo vrtljivo zvezdno karto, poleg tega pa vsebujejo še ogromne baze podatkov o vesoljskih telesih in njihovem gibanju.

### Računalniški programi in internet

Pri opazovanju nočnega neba se vse bolj uveljavljajo računalniški programi, ki omogočajo prikaz zelo podrobne slike nočnega neba. Razvoj informacijske tehnologije je tudi na tem področju prinesel velik napredek. Tako je danes s pomočjo računalniških programov mogoče brez težav določiti sliko nočnega neba s kateregakoli kraja na Zemlji ali pa celo s katerega drugega planeta. S pomočjo računalniških programov lahko spremljamo gibanje umetnih satelitov, določimo položaj mednarodne vesoljske postaje oziroma drugih nebesnih objektov katerih gibanja poznamo. Računalniški programi vsebujejo tudi velike baze podatkov, ki poleg informacij o zvezdah vsebujejo še podatke o kometih, meteoritih, Messierjevih objektih, satelitih in drugih objektih primernih za opazovanje. V povezavi z računalniško krmiljenimi teleskopi nam omogočajo preprosto iskanje zelenih objektov, ki jih opazujemo skozi teleskop. Hkrati nam v povezavi z internetom omogočijo tudi takojšni dostop do podatkov opazovanega objekta.

### Glavne prednosti računalniških programov pred vrtljivimi zvezdnimi kartami:

- Prikaz nočnega neba iz različnih krajev na Zemlji oziroma iz drugih nebesnih objektov.
- Prikaz vesoljskih objektov, ki spreminjajo lego glede na zvezde.
- Prikaz gibanja Mednarodne vesoljske postaje (ISS) in umetnih satelitov (vremenski, televizijski, iridium, ...).
- Zelo velika baza podatkov o zvezdah, kometih, Messierjevih objektih, ...
- Iskanje posameznih vesoljskih objektov (planeti, zvezde, objekti temnega vesolja, ...).
- Fotografije in opisi posameznih astronomskih objektov, ki niso vidni s prostimi očmi (slike, ki so jih posneli največji teleskopi in posamezne sonde).

- Prikaz in napoved aktualnih astronomskih dogodkov (Sončev mrk, Lunin mrk, meteorski roji, zanimivi položaji planetov, ...).

### Slabosti:

- Potrebujemo zmogljivo računalniško strojno opremo.
- Dragi računalniški programi.
- Dostop do interneta.

Danes je na tržišču veliko računalniških programov za opazovanje nočnega neba. Nekateri izmed njih so celo prosto dostopni (freeware). Med prosto dostopnimi programi velja omeniti predvsem [www.skymap.com](http://www.skymap.com) in [www.heavens-above.com](http://www.heavens-above.com).

**Skymap** ([www.skymap.com](http://www.skymap.com)) je računalniški program, ki je sicer plačljiv vendar je na omenjenem naslovu mogoče dobiti brezplačno »demo« verzijo tega programa, ki je za navadnega uporabnika čisto zadovoljiva. Program omogoča prikaz nočnega neba vključno s posameznimi objekti temnega vesolja za poljuben čas in kraj na Zemlji, le da je demo verzija nekoliko »okleščena« s posameznimi podatki.

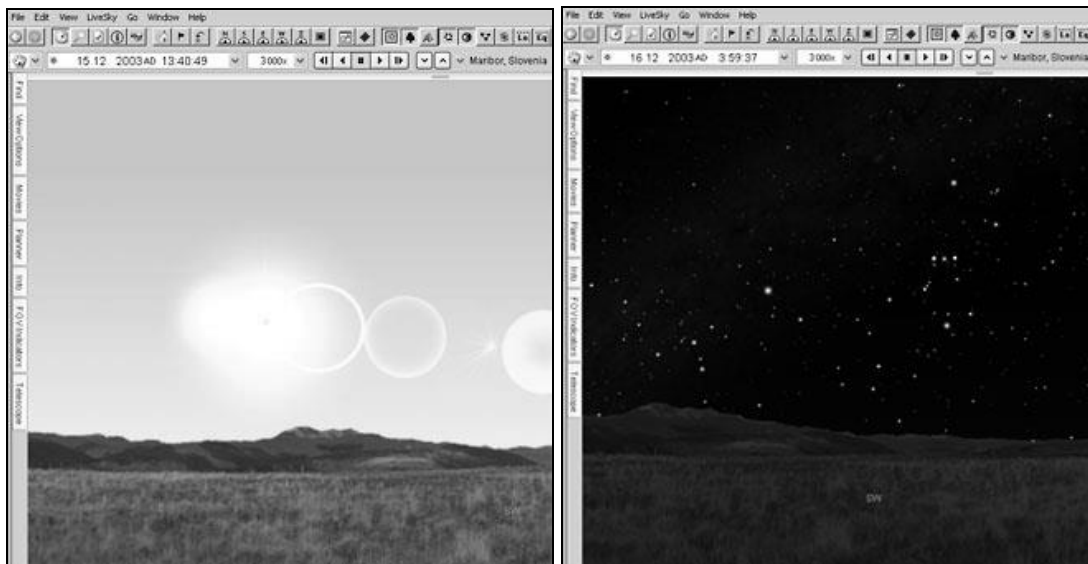
Posebej velja omeniti še računalniški naslov [www.heavens-above.com](http://www.heavens-above.com), kjer lahko brezplačno za vsak najmanjši kraj, tudi v Slovenji, dobite podatke, kdaj bo iz tega kraja viden kakšen satelit, ISS oziroma posamezno ozvezdje.

V nadaljevanju pa si nekoliko podrobneje pogledimo plačljiv računalniški program **Starry Night**, ki ga najdete na naslovu [www.starrynight.com](http://www.starrynight.com). To je profesionalni računalniški program, ki nam nudi skoraj vse »užitke« pri opazovanju nočnega neba oziroma objektov temnega vesolja.

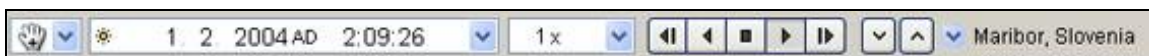
### Starry Night

Starry Night je profesionalni računalniški program, ki omogoča natančno opazovanje nočnega neba. Vsebuje ogromno bazo podatkov o posameznih zvezdah, planetih, satelitih in drugih objektih, ki jih lahko vidimo s prostimi očmi oziroma teleskopi. Program omogoča tudi direktno povezavo z računalniško vodenim teleskopom in s tem krmiljenje teleskopa preko računalnika. Pri povezavi z internetom nam program omogoča tudi dostop do dodatnih baz podatkov, ki se venomer obnavljajo.

Pozornost nam pritegne že sam pogled na dnevno in nočno nebo, ki je predstavljeno zelo realistično (slika 2). Pri opazovanju nočnega neba lahko upoštevamo tudi svetlobno onesnaženost, ki je izrazita v bližini večjih mest. Poljubno lahko izbiramo tudi kraj in čas opazovanja, ki ga na enostaven način nastavimo s pomočjo orodne vrstice (slika 3).



**Slika 2:** Računalniški program Starry Night. **A)** Prikaz neba podnevi z navideznim gibanjem Sonca. **B)** Nočno nebo s prikazom posameznih zvezd in drugih objektov na nočnem nebu. (*Starry Night*, 4.05).



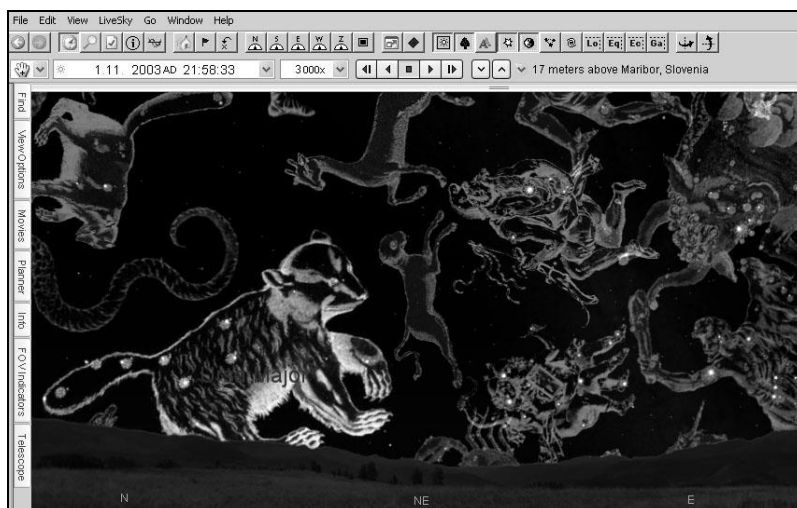
**Slika 3:** Orodna vrstica za nastavev časa in kraja opazovanja (*Starry Night*, 4.05).

Program nam poleg realističnega pogleda na nočno nebo nudi tudi ostale poglede, ki nam prikažejo nočno nebo, kot so si ga predstavljali stari Grki. Posamezne zvezde lahko povežemo v različna ozvezdja, ki izvirajo iz grške mitologije in si obenem »pričaramo« njihove podobe (slika 4). Tako lahko iz neba razberemo borbo Herakla z vodno kačo



Hidro, opazujemo lov mogočnega lovca Oriona ob spremstvu malega in velikega psa, spremljamo pot Velikega medveda okoli severnega oziroma občudujemo Perzeja, ki je na krilatemu konju Pegazu rešil Andromedo pred hudobno pošastjo, podobno velikemu Kitu.

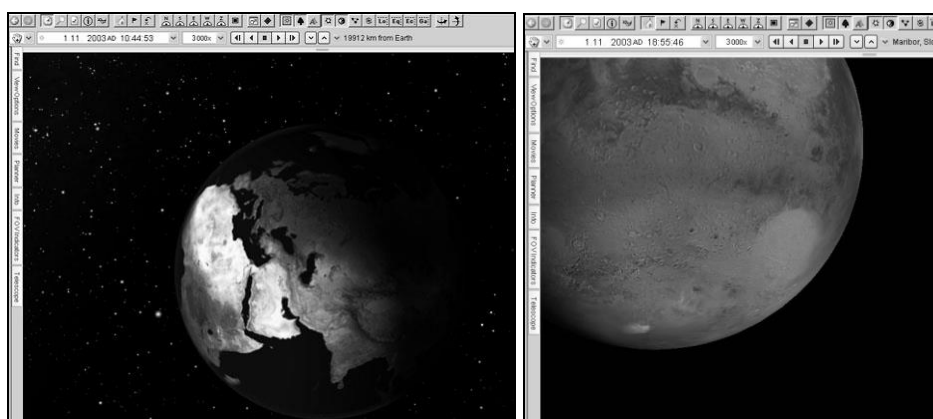
Poleg prikaza posameznih ozvezdij nam program nudi tudi zajetno bazo podatkov o posameznih zvezdah, planetih, satelitih, kometih, objektih temnega vesolja, ... Ob kliku na opazovani objekt nam izpiše podatke o tem objektu. V posebnem oknu (info) pa nam nudi še dodaten opis opazovanega objekta (slika 5) in povezavo z internetom, kjer lahko najdemo še več podatkov o opazovanem objektu.



Slika 4: Podobe ozvezdij, ki izvirajo iz grške mitologije (*Starry Night*, 4.05).

Other Data	Description
Variability: small, < 0.6 Mag Radius: 667 solar radii Double/multiple: binary, > 10" sep Apparent magnitude: 0.43 Absolute magnitude: -5.17 (visual) Temperature: 3488 Kelvin B-V colour: 1.50 Luminosity: 58983 suns	Betelgeuse is a red giant or supergiant star. Red giants are stars that no longer burn hydrogen in their core, but burn hydrogen or helium in their outer shell. This causes the star to swell, increasing in size by a factor of 100. As the star expands, it also cools, and becomes redder, hence the name 'red giant'. Most red giants will end their lives as white dwarfs. Betelgeuse is both a variable star and one member of a multiple star system. It is possible that this star is an 'eclipsing variable'. Eclipsing variables are members of a double star system which pass directly in front of their companion stars during their orbit. When this happens, light from the companion star is blocked, and the binary star appears fainter to observers.

Slika 5: Opis opazovanih objektov (*Starry Night*, 4.05).



Slika 6: Program nam omogoča potovanje po vesolju. Približamo se lahko posameznim planetom, zvezdam, meglicam, ... ter si jih podrobneje ogledamo (*Starry Night*, 4.05).

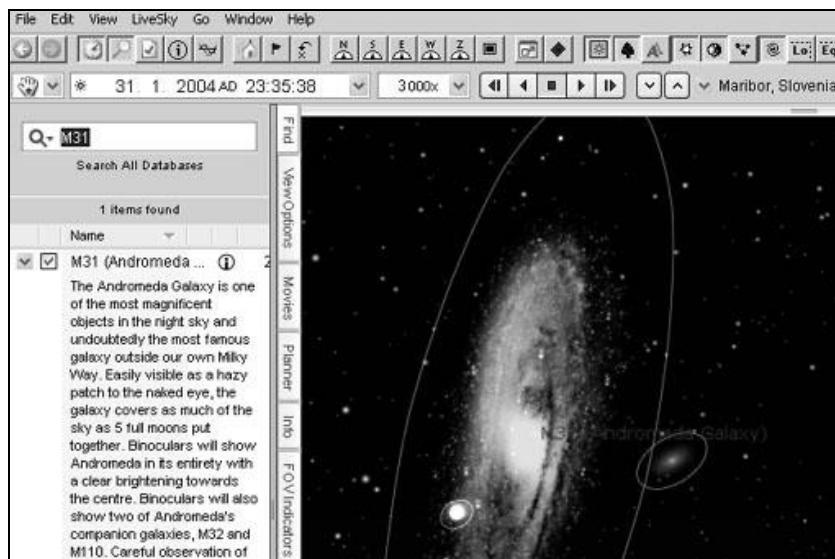
Z omenjenim programom se lahko odpravimo tudi na potep po vesolju. Z raketo se lahko oddaljimo od Zemlje (slika 6) in se odpeljemo v bližino kakšnega drugega vesoljskega objekta. Tako se lahko odpeljemo v bližino posameznih planetov (slika 6) ali pa celo pristanemo na njih. Ogledamo si lahko kako izgleda Zemlja s površja Lune oziroma kako

se vidi nebo s površja Marsa (slika 7) ali pa s katerega drugega planeta. Potujemo lahko tudi do oddaljenih zvezd, kopic, meglic in si jih podrobneje ogledamo.



**Slika 7:** Program nam omogoča, da pristanem na kakšnem drugem planetu (na sliki je prikazano površje Marsa) in si ogledamo nebo vidno s tega planeta.

Kadar želimo opazovati posamezni vesoljski objekt, pa ne vemo natanko kje se nahaja nam program omogoča tudi iskanje objektov (slika 8). Program vsebuje poseben iskalnik v katerega vpišemo ime objekta in program nam pokaže kje se ta objekt trenutno nahaja. V kolikor je objekt pod horizontom nas na to opozori oziroma nam pokaže kje in kdaj bo ta objekt viden na nočnem nebu. Program nam tudi pokaže kako je objekt viden s prostimi očmi, skozi binokular oziroma skozi različne teleskope. To nam je pri iskanju in opazovanju objektov na nočnem nebu lahko v veliko pomoč. Pri opazovanju pa nam zelo pomaga tudi »planer«, ki ga izdelata program. V njem je natančen potek zanimivih dogodkov, ki si sledijo na dan opazovanja.



**Slika 8:** Iskanje objektov na nočnem nebu. Program nam najde zelen objekt, ki si ga lahko približamo in izpišemo podatke o njem.

Našteti je bilo le nekaj možnosti, ki jih nudi računalniški program »Starry Night« namenjen za opazovanje nočnega neba. Poleg naštetega omenimo, da program vsebuje še številne poučne animacije, povezave z internetom, povezavo s teleskopom in še mnogo drugih možnosti, ki navdušujejo uporabnika. Da je Starry Night eden izmed vodilnih programov na svojem področju torej ni dvoma, čeprav včasih naletimo tudi na težave. Saj novejša verzija tega programa zahtevajo vse boljše računalnike z zmogljivimi grafičnimi karticami, kar narekuje »OpenGL« tehnologija. Na koncu pa še za vse tiste, ki se vam bo zataknilo pri ceni programa. »Pokukajte« malo po internetu s pomočjo programov, kot sta Kazza in iMesh!

## KAM IN KAKO DRVIMO ZVEZDE V NAŠI GALAKSIJI?

**Mirjam GALIČIČ**  
ZRSVN, Ljubljana

*V povprečju zvezde v Galaksiji krožijo okrog njenega središča. Velikosti teh hitrosti so v grobem določene z maso Galaksije. Vendar pa so na tej osnovni, krožilni hitrosti, ki jo ocenimo s Keplerjevim zakonom, naložene še dodatne komponente hitrosti, ki so odtisi vplivov iz okolja, katerim so bile zvezde izpostavljene v dolgih milijonih let nastanka in razvoja Galaksije.*

Raziskave v astronomiji so danes v glavnem dveh vrst: ene prisegajo na individualnost, druge temeljijo na množičnosti. Če uporabljamo nekoliko bolj znanstveni jezik, se prve lotijo kar se da podrobne obravnave objekta, ki je v nekem smislu edini predstavnik vrste objektov<sup>2</sup> in ga obdelajo v največje možne podrobnosti. Druge se naslanjajo na statistiko: opazovati določeno število objektov, katerim lahko opredelimo smiselni nabor lastnosti, za katere je še posebej pripravno, če so opazljive. Če je to možno, kar je predvsem odvisno od razpoložljivega opazovalnega časa<sup>3</sup>, lahko upamo, da je bil za opazovanje izbrani vzorec dovolj velik (reprezentativen), ter da bomo z novimi (opazovalnimi) podatki izboljšali opis celotne skupine objektov, katere del smo zajeli v opazovanju.

Raziskave prve vrste so pogosto odvisne od velikih, najsodobnejših teleskopov, ki so redki in težko dostopni. Druge se, še posebej, če so pripravljene premišljeno, pogosto zadovoljijo z manjšimi teleskopi, na katerih pa si lahko pridobijo veliko opazovalnega časa. Projekt, o katerem bomo pisali, je *druge* vrste.



### Projekt RAVE

Projekt RAVE (angl. *Radial Velocity Experiment*, v prostem prevodu Eksperiment za merjenje radialnih hitrosti) je časovno zelo obsežen in vsebinsko ambiciozno zastavljen opazovalni program, v katerem astronomi nameravajo izmeriti radialne hitrosti<sup>4</sup> ter vsebnosti (kemijskih) elementov za 50 milijonov zvezd naše Galaksije. Vzorec se sliši zelo



velik, a predstavlja le kake četrte desetinke odstotka vseh zvezd v Galaksiji. Meritve bodo potekale na sistemu 1,2-metrskega teleskopa, spektroskopa ter kamere CCD avstralskega observatorija AAO (Anglo-Australian Observatory). Kupola s t.i. Schmidtovim teleskopom, s katerim bodo izvajana opazovanja pri projektu RAVE. Teleskop je lociran v kraju Siding Spring v avstralski državi New South Wales, 30 stopinj južno od ekvatorja, na nadmorski višini 1100 metrov. Na teleskop je nameščen spektroskop, opremljen s svežnjem optičnih vlaken, tako da lahko naenkrat opazujemo in pridobimo spektre 90 zvezd. V povprečni opazovalni noči naj bi posneli okrog 600 zvezdnih spektrov, po nadgradnji dela opreme v letu 2006, pa se bo to število povečalo na preko 20.000. (Vir: AAEO, <http://www.aip.de/RAV/PR0301/Pics/index.html>, foto: D: Malin.)

Slika svežnja 150-ih optičnih vlaken, zvitih v ploščatem ohišju, je izmenljiv del spektroskopa. Slika levo prikazuje celoten sveženj, slika levo pa je pogled na sveženj od blizu.

Po posodobitvi bo sveženj obsegal preko 2000 optičnih vlaken, s čimer se bo povprečni nočni izkupiček, tj. število na opazovalno noč premerjenih zvezd, bistveno povečalo. (Vir. *Bela knjiga* projekta RAVE, <http://www.aip.de/RAVE/rave.pdf>.)

Prve poskusne meritve so se začele izvajati aprila letos. Po zaključeni pilotni fazi, v kateri bo izvedena tudi nadgradnja spektroskopa, bodo opazovanja v polni meri potekala od leta 2006 do leta 2010. Pri projektu sodeluje 11

<sup>2</sup> Večina danes poznanih astronomskih objektov ni unikatnih. Se pa pogosto zgodi, da je med objekti neke vrste zelo malo takih, ki jih z razpoložljivo opremo lahko zadosti natančno premostrimo. Lep primer za to je Sonce. Takih zvezd je v Galaksiji še milijarde, a naše Sonce je edina *navadna* zvezda, ki je tako blizu, da lahko

<sup>3</sup> Pod opazovalnim časom razumemo število noči (ali) ur teleskopa (ali teleskopov), namenjenih opazovanju za potrebe našega projekta.

<sup>4</sup> Radialna je hitrost je komponenta hitrosti zvezde v smeri stran od ali proti opazovalcu.

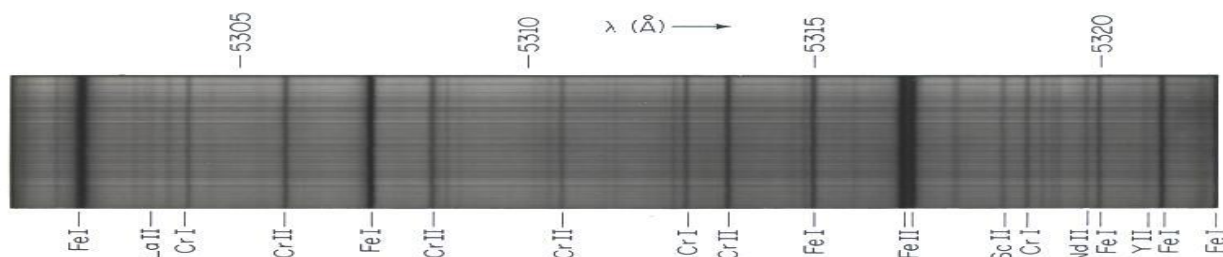
držav, vlogo koordinatorskega je prevzel nemški Inštitut za astrofiziko v Potsdamu. Med sodelujočimi je tudi *Oddelek za fiziko FMF* Univerze v Ljubljani (gl. <http://www.aip.de/RAVE/PR0301/>).

### Zvezdni spektri in spektroskop

Spektroskop je naprava, ki snop svetlobe razkloni po valovnih dolžinah. Iz zvezdnega spektra lahko razberemo, kakšno svetlobo zvezdina atmosfera seva (emisijske črte) in kakšno absorbira (absorpcijske črte). Ker za posamezne črte (valovne dolžine) vemo, kateri atom (kemijski element) jih seva, lahko preko spektrov določimo kemijsko sestavo zvezdine atmosfere in s tem uvrstimo zvezdo v ustrezen razred zvezd. Preko te razvrstitve lahko dalje določamo lastnosti zvezde, kot je npr. njena starost.

Prva zvezda, za katero je bil izmerjen spekter, je bilo seveda naše Sonce. Sončev spekter je izjemno bogat s spektralnimi črtami. Na sliki vidimo del Sončevega spektra. Zgoraj je navedena valovna dolžina v Ånströmih, spodaj pa so označeni nekateri elementi ali njihovi izotopi, od katerih črte izvirajo. Temne črte v spektru so absorpcijske črte. (Vir: E. C. Olson, Mt. Wilson Observatory, <http://www.astro.uiuc.edu/>.)

Ker se zvezde—tako kot tudi vsi ostali objekti—gibljejo, je svetloba, ki jo sevajo, dopplersko<sup>5</sup> premaknjena, kar pomeni, da posamezna črta v spektru ni na tistem mestu, kot jo pričakujemo oz. kot bi bila pri meritvi v mirujočem laboratoriju, ampak pri malo večji ali pri malo manjši valovni dolžini, če se zvezda k nam približuje oz. se od nas oddaljuje. Iz merjenja velikosti teh premikov lahko ugotovimo, kako hitro se zvezda premika.



### Zakaj želimo poznati kemijsko sestavo in hitrosti zvezd?

Razlog, da obe lastnosti opazujemo hkrati, je iz doslej napisanega že razviden: obe lastnosti preberemo iz zvezdnih spektrov.

Znanstveni tim projekta RAVE pričakuje, da bodo rezultati projekta prinesli nov vpogled v razumevanje nastanka Galaksije. Danes je v precejšnji meri sprejet model, po katerem je Galaksija nastala z akrecijo snovi satelitskih snovi, ki so tekom časa vpadle nanjo<sup>6</sup>. Vendar pa vsi astronomi modelu ne verjamejo povsem, vprašanje nastanka galaksij pa še naprej ostaja eden od ne povsem rešenih problemov astronomije.

Astronomi, ki sodelujejo pri projektu RAVE, so se odločili, da bodo zbrali nove meritve gibanja in kemijske sestave za 50 milijonov po navideznem siju najsvetlejših zvezd Galaksije. Pričakujejo, da bo natančnost izmerjenih hitrosti okrog 2 km/s, kar predstavlja 1 odstotek hitrosti, s katero se zvezda tipično giblje po Galaksiji, tj. v povprečju kroži okrog galaktičnega središča. Doslej so bile poznane radialne hitrosti za komaj 20.000 zvezd. Ker bo novih podatkov tako veliko, si astronomi obetajo, da se bo dalo prepoznati razporeditev zvezd po »curkih«, ki predstavljajo sledi za nedanjimi satelitskimi galaksijami, katere jih je tekom dolgega vesoljskega časa požrla naša Galaksija.

Podobno pričakujejo, da bodo našli skupine zvezd z zelo podobno kemijsko sestavo, kar naj bi kazalo na njihov enotni izvor, vendar bodo te zvezde lahko razmetane daleč narazen po prostoru, saj so jih vpadajoče satelitske galaksije raznesle stran od kraja nastanka. Tako se bo dalo ugotoviti, ali so posamezne zvezde nastale pred ali po vpadu satelitske galaksije.

V času do leta 2010, ko se bo projekt zaključil, bo astronomska srenja postala bogatejša za doslej najboljše podatkovno zbirko zvezdnih spektrov. Ta bo predstavljala še kako dobrodošlo osnovo za pripravo prihodnjih temeljnih vesoljskih opazovalnih odprav<sup>7</sup> Evropske vesoljske agencije, kot je npr. projekt GAIA, ki ima še bistveno ambicioznejši cilj kot projekt RAVE: izmeriti lege in hitrosti milijarde zvezd v Galaksiji. Slovenski astronomi sodelujejo tudi pri pripravah na projekt GAIA.

<sup>5</sup> Dopplerjev pojav opazimo pri sprejemanju valovanja, če se bodisi oddajnik, bodisi sprejemnik valovanja gibljeta. Najbolj blizu nam je razumevanja pojava preko zvočnega valovanja. Primer: ko se nam avto z vključeno sireno približuje, slišimo sireno tuliti z višjim tonom, ko se avto oddaljuje, pa se nam frekvenca zvoka zdi nižja.

<sup>6</sup> Računalniško simulacijo nastanka galaksije, kakršna je naša Galaksija, si je možno ogledati v filmu na internetni strani <http://www.aip.de/RAVE/PR0301/Animations/index.html>.

<sup>7</sup> Angl. *cornerstone missions*

## NOV TIP GALAKSIJ

Milan SVETEC

**Regionalna razvojna agencija Mura, Lendavska 5a, 9000 Murska Sobota  
Oddelek za fiziko, Pedagoška fakulteta Maribor, Koroška 160, 2000 Maribor**

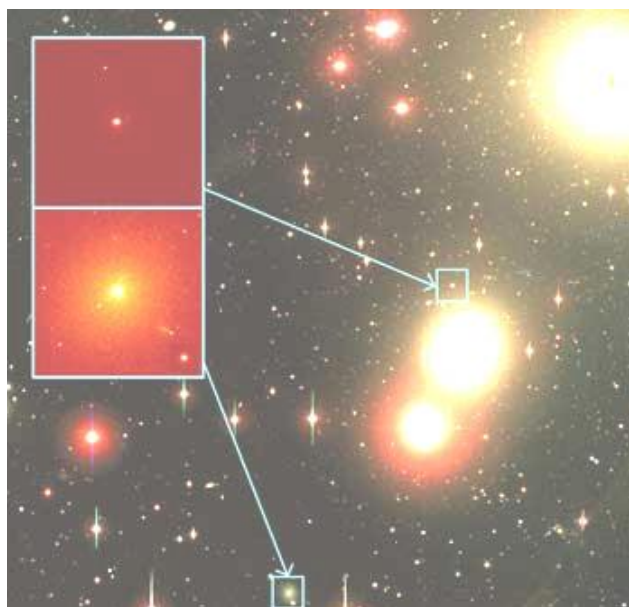
Mednarodna skupina astronomov je odkrila nov tip zelo kompaktnih galaksij. Z novim tipom galaksij bi lahko pojasnili odstopanja med opazovanji in obstoječimi kozmološkimi modeli.

Galaksije v vesolju imajo več različnih oblik. Obstajajo na primer spiralne galaksije, ki so podobne naši Mlečni cesti, velike eliptične galaksije in majhne galaksije s šibko svetilnostjo. Astronomi so se že dalj časa spraševali, ali niso mogoče med opazovanji, spregledali kakšen tip galaksij. S pomočjo obsežnih spektroskopskih meritev v sorazmerno bližnji kopici galaksij, imenovani Fornax, so astronomi, ki so jih vodili Michael Drinkwater (Queensland, Avstralija), Michael Gregg (Livermore, ZDA) in Michael Hilker (Bonn, Nemčija), zasledili nov tip galaksij, in ga poimenovali ultra-kompaktne galaksije. Te ležijo v centrih galaksijskih kopic. Podobne so galaksijskim zvezdnim kopicam, le da so mnogo večje in svetlejše.

Zaradi svojega relativno majhnega premera, so jih do sedaj zamenjevali za zvezde Mlečne ceste. Njihova radialna hitrost, ki je groba mera za njihovo oddaljenost, pa je bila odločilni znak, ki je astronomom razkrila, da ti nebesni objekti ne spadajo k Mlečni cesti.

Za študij lastnosti novo-odkritega tipa galaksij so astronomi uporabili Hubblov teleskop in 8-metrski teleskop na observatoriju »El Paranal« v Čilu, kjer so opravili spektroskopske meritve. Rezultati meritev so torej pokazali, da razsežnost, svetilnost in masa opazovanih objektov, ne moreta pripadati nobenemu poznemu tipu galaksij.

Odkritje bi lahko pomagalo pri odgovoru na vprašanje, ki že nekaj časa bega astronome. Po trenutnem mnenju, bi naj bili prvotni gradniki vesolja majhne pritlikave galaksije z majhno maso, ki bi naj obstajale še danes. Do sedaj pa so odkrili mnogo premalo takih galaksij, glede na predvidevanja kozmoloških modelov. Raziskovalci menijo, da bi lahko ultra-kompaktne galaksije nastale iz omenjenih pritlikavih galaksij, ki so izgubile zunanji del zvezd. Računalniške simulacije, ki jih je izvedel Kenji Bekki (Sydney, Avstralija) kažejo, da je to mogoče. Nov tip galaksij je tako pomembna vez, ki bi lahko pojasnila odstopanja med opazovanji in modeli vesolja v katerem živimo.



Slika 1: V centru galaksijske kopice Fornax lahko opazimo obe centralni eliptični galaksiji-velikanki (desno zgoraj). Ena izmed novo-odkritih ultra-kompaktnih galaksij (inset zgoraj) in eliptična galaksija-pritlikavka (inset spodaj), sta predstavljena povečano (Vir: M. Hilker).

Povzeto po M. J. Drinkwater, M. D. Gregg, M. Hilker, K. Bekki, W. J. Couch, H. C. Ferguson, J. B. Jones in S. Philipps, *Nature*, **423**, 519 (2003).

## ASTRONOMSKI TABOR KMICA 2003

Astronomski tabor Kmica 2003 je potekal že sedmič zapored, a tokrat prvič z mednarodno udeležbo. Sodelovalo je 31 udeležencev, od tega 24 iz Slovenije in 7 iz sosednje Madžarske. Potekal je na dveh lokacijah, v Gornjih Petrovcih in Monoštru na Madžarskem. S tem smo udeležencem omogočili seznanjanje s tujim jezikom, načinom življenja in vzpostavili vezi s Slovenci živečimi v Porabju. Tabor je glede na predznanje in interese udeležencev potekal v treh skupinah:

**Osnove astronomije:** skupine je bila namenjena začetnikom, za katere je tabor predstavljal prvi stik z astronomijo. seznanili so se z zgradbo našega Osončja in širšega vesolja, naučili so se kar se da opazovati s prostimi očmi in razlikovati med opazovanimi objekti, ter osvojili osnove dela s teleskopi.

**Skupina za meteorje:** v tej skupini so se udeleženci naučili kaj se skriva za utrinki, ki nam polepšajo marsikatero jasno noč. Ugotavljali so njihovo pogostost, svetlost, smer in čas trajanja, si vse zapisovali in kasneje podatke obdelali.

**Digitalna fotografija:** čeprav velja astronomija za eno najstarejših naravoslovnih ved, se v njej vedno znova uveljavljajo nove tehnološke pridobitve, ki nam omogočajo vedno globlji pogled v vesolje. Tako so v tej skupini udeleženci združili teleskop in CCD kamero in poslikali marsikateri objekt, katerega čari bi nam drugače ostali skriti. Nastalo je nekaj zavidanja vrednih slik.

**Astro-fizika:** za vsak pojav v naravi obstaja logična razlaga in tako je tudi v astronomiji. Udeleženci te skupine so se seznanili s fizikalnimi ozadji pojavov in zakoni katerim se le-ti podrejajo. Tako so se znebili marsikatero nejasnosti iz vsakdanjega življenja. Ob večerih pa so se vsak dan priključili eni izmed skupin in tako praktično podkrepili znanje iz učilnice.

Da pa bi udeleženci lažje počakali na zahod Sonca in s tem pogoje za delovni prostor astronomov smo večere dopolnili z raznimi predavanji zunanjih strokovnjakov.

### Osnovni podatki o taboru:

<b>Kraj in čas tabora:</b>	OŠ Gornji Petrovci (21. do 24. avgust 2003) OŠ Monošter, Madžarska (24. do 27. avgust 2003)
<b>Vodja tabora</b>	doc. dr. Mitja SLAVINEC
<b>Strokovni vodja tabora:</b>	Bojan MARUŠIČ
<b>Organizacijski vodja</b>	Damijan ŠKRABAN
<b>Organizacijski odbor:</b>	doc. dr. Mitja SLAVINEC, Ludvik FILO, Darja KOZAR, Danica ČEH Gabor HUSZAR, Irena FASCHING, Igor ČENAR
<b>Mentorji:</b>	Mario ŠKRABAN, Samo SMRKE, Ernest HARI, Miha LENDVAJ, Matej VITEZ, Damijan ŠKRABAN, Bojan MARUŠIČ, Igor ČENAR, Marjan ČENAR

## POROČILA UDELEŽENCEV TABORA

### Skupina Osnove astronomije

Na taboru so delovale štiri skupine. Najina se je imenovala Osnove astronomije in je bila namenjena začetnikom oziroma predvsem mlajšim udeležencem. V njej so bili udeleženci iz Monoštra. V začetku smo imeli nekaj težav s sporazumevanjem, a smo jih pozneje s pomočjo prevajalca elegantno odpravili.

Udeleženci so bili večinoma osnovnošolci nižjih razredov, praktično brez izkušenj z astronomijo. Zato sva se odločila, da bo organizacija dela v skupini temeljila na praktičnih vajah, teorije pa naj bi bilo le toliko, kolikor je potrebno za izvedbo vaj. Ta pristop je bil idealen. Udeleženci so se izredno angažirali, spraševali, si medsebojno pomagali in se na ta način ogromno naučili.

Podnevi smo določali smer meridiana, merili oddaljenost teles s paralakso, merili smo kotne razdalje z roko, določali težnostni pospešek, naučili smo se princip teleskopa in uporabo različnih vrst teleskopov. Sonce smo projicirali na zaslon in risali sončne pege, računali Wolfovo število.

Ponoči smo risali zvezde karte, se učili ozvezdij, opazovali in risali odprte in kroglaste kopice, meglice, določali mejno magnitudo, se orientirali na nebu. Pogosto smo se pridružili ostalim skupinam in se seznanili z metodami opazovanja meteorjev, spremenljivk, s CCD astrofotografijo.

Da pa ne bi vse ostalo pri razgibavanju možganskih vijug, smo si dneve popestrili z dobro mero športnih aktivnosti, ki sta jih nudili lepo opremljeni telovadnici v Monoštru in Gornjih Petrovcih.

Oba mentorja sva bila enotna, da je bila mednarodna organizacija tabora genialna poteza. Sporazumevanje in spoznavanje skozi astronomijo, prizadevanje za skupne cilje in vrednote ter razvoj Evrope regij, se je v primeru našega tabora zgodilo eno leto pred vstopom v Evropsko unijo in tako spodbuja evropsko miselnost, ki je pogoj za uspešno delovanje v širšem evropskem prostoru.

Zahvaljujemo se pridnim in radovednim udeležencem in upava, da se bomo na prihodnjih taborih še srečali.

A taaboron 4 csoport мүкөдөтт. Ми кеттен аз "Асзтронoomia szabaalyai" csoportot vezetтүк, amelynek a reeszvevői fiatalabbak, kezdők voltak. Sokan voltak Szentgordhardrol is. Az elejeen nehezzen eertettük meg egymaaat, de keesőbb egy toлмаacs segítsegeeevel sikerült.

A legtöbbben ellemi iskolaasok voltak, akiknek kevees tapasztalatuk volt az asztronoomiaat tekintve. Ezeert a gyakorlati munkaara fektettük a hangsúlyt ees nem merültünk bele az elmeleti dolgokba. Ez nagyon bevaalt, hisz a reesztvevők sokat eerdeklödtek, közremüködtek, egymaaanak segíitettek ees iigy nagyon sokat megtanultak. Nappal a "meridiaana" iranyaat aallapidgattuk, meertük a "testek" taavolsaagaat (paralakszaaaval), a szögek taavolsaagaat keezzel, a gravitaacioot; megtanultuk a teleszkoop hasznaalataat - hogy мүкөдik ees a teleszkoop fajtaait. A Nap sugarait a keepernyöre iranyitottuk ees lerajzoltuk a ("sunspot-ang."), szaamitottuk a Wolf-szaamot. Eejjel "csillag-keepeket" rajzoltunk, ismerkedtünk az eegbolttal, tanultunk orientaaloodni rajta. Sokszor csatlakoztunk a maasik csoportokhoz ees megtudtuk, milyen moodon lehet megtekinteni a meteorokat; valamennyit megtudtunk a CCD asztrofotografiaarool.

Hogy ne csak az agyunk dolgozzon, sportoltunk is közben.

Mindketten egyeteertünk, hogy a nemzetközi taabor megszervezeese nagyon pozitiv dolog volt. Ismerkedees az asztronoomiaan keresztül, együttmüködees, közös ceelok, eerteek ees az Europai reegiook fejlödeese nagyon fontosak az EU-csatlakozaas күszöbeen.

Köszönet minden szorgalmas, eerdeklödö reeszvevöneк ees remeelyük, hogy a következő taaborokon talaalkozununk ismeet!

Miha Lendvaj in Damijan Škraban

## Skupina za meteorje

Na 7. astronomskem taboru astronomskega društva Kmica, ki se je vršil na dveh lokacijah, in sicer v Gornjih Petrovcih in v Monoštru, sem vodil majhno skupino udeležencev tabora. Naloga naše skupine je bila spoznati se z opazovanjem meteorjev in se obogatiti z znanjem in tehniko opazovanja. V skupini nas je bilo 6 udeležencev ter 2 mentorja. Prve učne ure so bile namenjene splošni izobrazbi glede opazovanja in zgradbe meteorjev ter zgodovini opazovanj meteorjev, tako smo spoznali prve zapise o meteorjih nasploh, ki segajo v daljno leto 687 pr.n.št., spoznali sestavo meteoritov in govorili o meteorskih rojih, ki jih je kar precej, glavni so pa *Kvadrantidi*, *Liridi*, *Perzeidi*, *Drakonidi*, *Orionidi*, *Tauridi*, *Leonidi*, *Geminidi* in *Ursidi*. Ko smo te stvari obdelali smo se podali pod nočno nebo. S sabo smo vzeli vse potrebno (obrazec za zapisovanje meteorjev, armafleks in morda tudi spalno vrečo, ki je v nočnih horizontalnih opazovanjih prav priročna). Prvo noč smo uspeli zabeležiti nekaj meteorjev, ki so bili vsi sporadiki a se je čez noč vreme poslabšalo in zelo pooblačilo tako da smo opazovanja morali prekiniti. Naslednjo noč smo imeli srečo in tako smo opazovali vse do jutra. Jaz kot ponavadi nisem imel sreče s svetlimi meteorji a sem enega vseeno zapazil, saj je bil svetel skoraj kot Venera in je bil rahlo zelene barve. A na žalost je vreme v naslednjih dneh zagodlo, in tako smo po dveh dobrih in eni slabi noči polni optimizma zapustili Gornje Petrovce, kjer smo bili vse do nedelje in smo se že pripravljali na intenzivna opazovanja onkraj meje v Monoštru. Ko smo prispeli v Monošter smo se namestili in se pripravljali na večerna opazovanja a kot se je že mnogokrat zgodilo se je tudi tokrat, kajti nismo mogli opazovati, saj so se plastoviti oblaki postavili na nebo in nam onemogočili opazovanje. Vendar se je še lahko opazovalo s teleskopom in tako smo se pridružili skupini s CCD- kamero in se tam navduševali v izjemnih posnetkih objektov, ki so se tu in tam pokazali izza oblačnega pokrivala. Mislim da je bil tabor uspešen in sem zelo navdušen s svojim prvim vodenjem skupine na taboru, kajti skoraj vse je potekalo kot bi moglo. Bil bi še bolj navdušen če bi vreme vsaj malo bolj sodelovalo z nami. Veselim se že naslednjega tabora in snidenja s mojimi prijatelji in astronomi.

Ernest Hari

## Skupina za astrofiziko

### NASTANEK IN RAZVOJ ZVEZD

V jedrih vseh zvezd in tudi našega Sonca potekajo jedrske reakcije zlivanja vodikovih jeder v helijeva. Temu procesu se reče termonuklearni proces. Na isti princip deluje termonuklearna (vodikova) bomba. Energija, ki se pri teh reakcijah sprošča preprečuje zvezdi, da bi kolabirala vase. Pri teh termonuklearnih procesih se sprošča temperature okoli 20 milijonov °C. A v določenem času porabi zvezda ves svoj termonuklearni material. Po tem procesu se začne zvezda zaradi lastne mase oz. teže sesedati vase.

## Rojstvo zvezde in začetki jedrskih reakcij

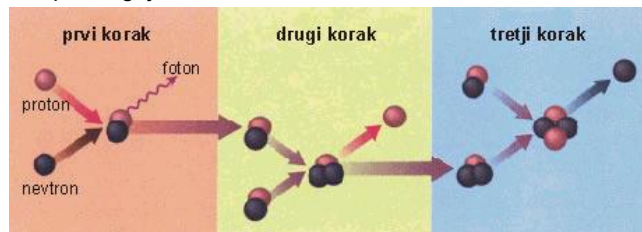
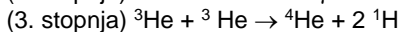
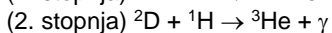
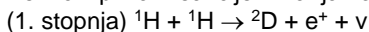
Zvezde nastanejo iz molekularnih oblakov, ki se zaradi gravitacije začnejo sesedati vase. V jedru oblaka se začne naglo dvigovati tlak in temperatura. Pri 10 milijonih °C se začnejo jedrske reakcije in v jedru oblaka se vžge nova zvezda. Iz zunanjih delov oblaka, ki se spreminjajo v akrecijski disk pa začnejo nastajati planeti.

### Potek reakcije

Pri tej reakciji sodelujejo ionizirani delci. Ionizacija poteka zaradi velike gravitacije in posledično ogromnega tlaka, ki je v središču zvezde. Ker so delci ionizirani, so med njimi velike odbojne sile. Zaradi teh električnih sil se jedra praviloma ne bi zlivala. Vendar pa je pri temperaturi med 50 in 100 milijonov °C to mogoče. Vemo pa tudi, da (recimo na Soncu) tako velike temperature sploh niso potrebne zaradi toliko večjega tlaka (temperatura v jedru Sonca je le 15 milijonov °C). Če si atoma le prideta dovolj blizu električno silo premagajo nuklearne.

Reakcija poteka po stopnjah. Tukaj je navedena ena možna vrsta reakcije zlivanja vodikovih jeder v helijeve.

Kemični prikaz reakcije zlivanja vodika v helij:



Le ta lahko poteka tudi kot zlivanje samega devterija in

trijcija, oz. devterija in devterija. Vendar, ker je teh vodikovih izotopov v primerjavi z  ${}^1\text{H}$  zelo malo je tudi prvo navedena reakcija bolj pogosta.

Pri dovolj velikih energijah se helijeve jedra lahko zlivajo naprej v ogljikova, ta v kisikova in tako vse naprej do železa. Elementi z večjo molsko maso pa so nastali pri eksplozijah supernov, tam kjer se sprostito še večje količine energije.

### Izvor in prenašanje energije

Če primerjamo maso reaktantov in maso produktov reakcije pri fuziji vodika ugotovimo, da je prva večja za 0,7% mase druge. To poznamo kot masni defekt. Po Einsteinovi enačbi

$E = mc^2$  lahko izračunamo, da se tako sprosti 25MeV energije. Nekaj energije prenesejo pozitroni in nevtrini kot kinetično. Del se sprosti kot sevanje gama, ki se spremeni v UV svetlobo. Toplota pa se preko visokofrekvenčnega sevanja transportira v troposfero kjer nastane vidni del svetlobe. Kot dokaz termonuklearne reakcije na Soncu pa so tudi nevtrini, ki prihajajo na Zemljo. Prisotnost teh hitrih in lahkih delcev merijo globoko v jamah s pomočjo rezervoarjev s klorovo spojino.

### Konec zvezdinega življenja

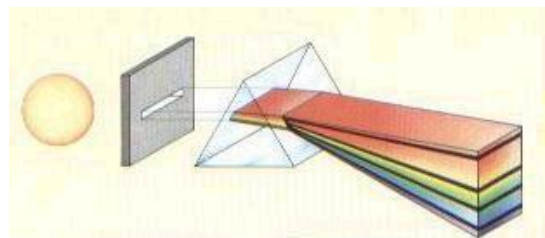
Ko zvezdi zmanjka zalog vodika v jedru začne porabljati zaloge v zunanjih plasteh. Zvezda postane rdeča orjakinja. Pridobi na volumnu, a hitro izgublja maso. Če je zvezda dovolj masivna, temperatura jedra naraste in lahko poteka izgorevanje helija v ogljik in drugih elementov vse do železa. Nekatere pa za to nimajo nikoli dovolj energije.

Zvezde lahko končajo kot bele pritlikavke, nevtronske zvezde ali črne luknje. Če zvezda izvrže v okolico debele plasti svoje ovojnice, medtem ko jedro zvezde kolabira v gosto vroče, a majhno telo s temperaturo 100 000 °C je to bela pritlikavka. Okoli nje se izoblikuje svitkasta meglica (imenovana planetarna meglica), ki prodira iz središča v okolico. Bolj masivne zvezde umirajo na bolj buren način. Te zvezde ob koncu svojega življenja pod velikim pritiskom v jedru eksplodirajo v supernove (te eksplozije so pomembne za nastanek elementov z večjo molsko maso). Njena ovojnica pa se kot udarni val razbeljenih plinov širi v okolico. V jedru pa ostane gosto vroče telo iz skoraj samih nevtronov, imenovano nevtronska zvezda. Nekatere najbolj masivne zvezde pa ob koncu svojega življenja kolabirajo v črne luknje.

## SPEKTRI

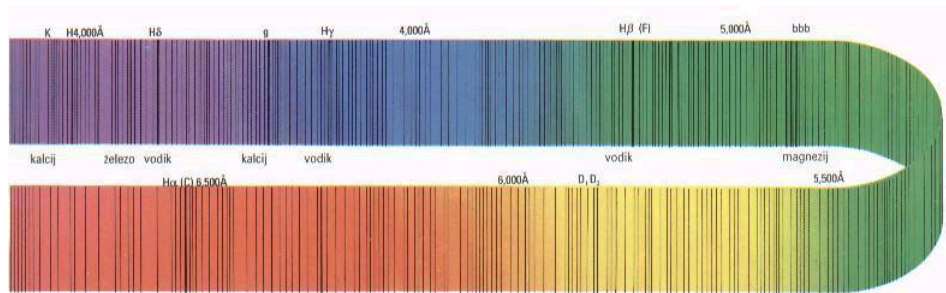
### Sončev spekter

Žarek sončne svetlobe je sestavljen iz mešanice barv in steklena prizma posamezne barve različno lomi. Kratke valovne dolžine (modra, vijolična) se lomijo močneje, dolge (oranžna, rdeča) pa najmanj. Prve tovrstne poskuse je opravil leta 1666 Isaac Newton, a jih kasneje ni nadaljeval, verjetno zaradi tega, ker so bile njegove prizme slabe kvalitete. Leta 1802 je angleški znanstvenik W. H. Wollaston spustil sončno svetlobo skozi režo v zatemnjenem zaslonu na prizmo in dobil pravi Sončev spekter, v katerem je bila na eni strani rdeča, za njo pa oranžna, rumena, zelena, modra in vijolična. Wollaston je opazil, da mavrične pasove sekajo temne črte, a je napačno domneval, da te črte označujejo samo meje med barvami. 12





let kasneje je Josef Fraunhofer mnogo natančneje raziskal ta pojav in spoznal, da so temne črte stalne, ostajajo na istem mestu in enako močne. Zabeležil jih je 324 in še danes jih pogosto imenujemo Fraunhoferjeve črte. Leta 1859 sta jih nemška fizika Gustav Kirchhof in Robert Bunsen pravilno razložila in tako postavila temelje sodobni astrofiziki. Sončeva fotosfera oddaja zvezni spekter. V zgornjih plasteh so gostota, temperatura in zato tudi tlak nižji, njihov spekter pa črtast. Navadno so te črte svetle. A če jih vidimo projicirane na fotosfero so videti obratno, torej temno. Dve izraziti temni črti v rumenem pasu se natanko ujemata z dvema znanima natrijevima črtama, tako lahko dokažemo, da je na soncu natrij. Sonce drugače spada med rumene zvezde in je v spektralnem razredu G2. Sonce vsebuje 71%vodika, 27%helija in 92 drugih elementov, ki jih lahko vidimo v Sončevem spektru.



## Spekter zvezd

Raziskovanje spektrov nam pomaga določiti kemično sestavo zvezd. V atmosferah zvezd prevladujeta vodik in helij. Značilnost zvezdnega spektra je odvisna od temperature v atmosferi zvezde. Pri nizkih temperaturah morajo plini obstajati v obliki molekul, pri visokih temperaturah molekule razpadajo na atome, pri še višjih pa se ionizirajo. Ionizirani atomi ne sevajo niti ne absorbirajo svetlobe istih valovnih dolžin, kot jo sevajo oziroma absorbirajo nevtralni atomi. S primerjanjem jakosti spektralnih črt ionov in atomov enega in istega elementa teoretično določajo razmerje števil ionov in atomov. To razmerje je funkcija temperature. Tako lahko po absorpcijskih črtah v spektrih zvezd določiti temperaturo njihovih atmosfer. Barva zvezd je tudi odvisna od njihove temperature. Tako zvezde razdelimo v posamezne spektralne razrede: W, O, B, A, F, G, K, M, R, N, S, kjer temperatura pada od W do S, s tem pa se spreminja tudi barva: od modre, prek bele, rumene, oranžne do rdeče. Temperatura pada od 100 000°, ki je sicer zelo redka, pa do 3000°. Ta temperatura je značilna za hladne rdeče zvezde, kjer prevladujejo nekateri oksidi, npr. ogljika, titana, cirkona. V nekoliko bolj vročih zvezdah absorpcijske trakovi vsebujejo železo, kalcij in natrij, naslednja stopnja so vodikovi atomi, nazadnje pa helijevi atomi in celo njegovi ioni.

## Priprave

Pri opazovanju spektrov nam je v veliko pomoč *spektroskop*. Svetlobo najprej zbere teleskop, nato pa si spekter zvezde ali drugega svetlobnega telesa ogledamo skozi spektroskop. Spektroskop je veliko pripomogel k natančnejšemu znanju o vesolju.

Seveda je zelo pomemben tudi *spektrograf*. To je naprava, s katero fotografiramo sonce v svetlobi ene same valovne dolžine. Če je prilagojen za vizualno uporabo, se imenuje *spektroheliograf*.

## Dopplerjev pojav

Navidezna sprememba valovne dolžine zaradi premikanja izvora glede na opazovalca. Če se objekt oddaljuje, ga vidimo rdeče, zaradi navideznega podaljšanja valovne dolžine. Če pa se telo približuje, vidimo več svetlobnih valov in s tem se valovna dolžina navidezno skrajša. Pri vsakdanjih hitrostih so spremembe zelo majhne, a vse to nam pokaže spekter opazovanega objekta. Če so spektralne črte pomaknjene proti rdečim ali dolgim valovom, se mora telo oddaljevati. Pri večini galaksij vidimo rdeči premik in to je opazovalni dokaz, da se vesolje širi.

## RAKETE

Rakete poganja počasna eksplozija znotraj cevastega prostora, ki je na enem koncu odprt, na drugem pa zaprt. Vroči plini, ki jih ustvari eksplozija, zapuščajo cev na odprtem delu in povzročijo silo, ki potisne raketo v nasprotno smer. Najpreprostejša je raketa na smodnik ali ognjemet, ki so ga izumili Kitajci pred več kot 1000 let in ga po vsem svetu uporabljamo ob praznovanjih. Raketa, ki naj premaga zemeljsko težnost in vstopi v vesolje, pa potrebuje mnogo močnejše gorivo od smodnika. Prvi človek, ki je resno razmišljal o uporabi raket za raziskovanje vesolja je bil ruski matematik Konstantin Ciolkovski (1857- 1935). Leta 1895 je napisal znanstveni članek, v katerem je predlagal uporabo večstopenjske rakete, ki naj bi jo namesto smodnika poganjalo tekoče gorivo. Stopnje bi se prižigale ena za drugo in z zgorevanjem pospeševale hitrost rakete. Njegov prispevek pa je vzbudil le malo



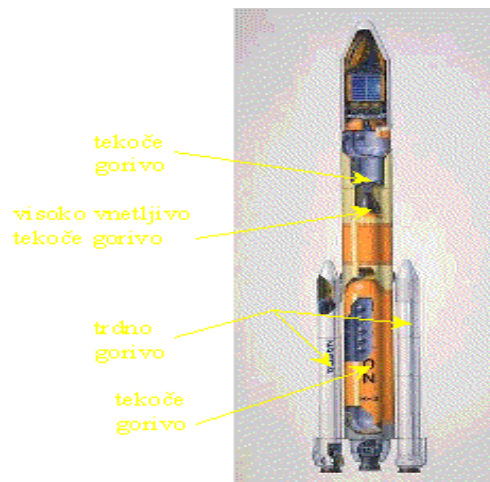


Model spaceshuttle z dvema pomožnima raketama in rezervoariem

1961 poletel v vesolje Jurij Gagarin, je bila visoka 38 metrov. Prva stopnja, ki je merila 24 metrov, je imela osem raketnih motorjev, nanjo pa so bile pritrjene še štiri dodatne vzletne rakete, vsaka s šestimi motorji. Med vzletno fazo je istočasno delovalo vseh 32 potisnih motorjev prve stopnje. Vesoljska ladja Vostok, v kateri je letel Gagarin, je tehtala manj kot pet ton.

pozornosti in je bil kmalu pozabljen. Sestava rakete: navadna raketa ima tri stopnje. V prvih dveh so samo raketni motorji in tanki za gorivo. Tretja stopnja ima tudi prostor za tovor (ponavadi vodikovo bombo) in opremo za vodenje izstrelka. Prva stopnja ima najmočnejše motorje, običajno pa tudi pomožne rakete za vzlet, ki so pritrjene ob strani. Ta stopnja dvigne raketo z izstrelitvene ploščadi v atmosfero. Ko pomožne rakete porabijo gorivo, odpadejo. Motorji prve stopnje dvigujejo raketo naprej proti nebu, dokler jim

ne zmanjka goriva in ne padejo nazaj na Zemljo. Takrat se prižgejo motorji druge stopnje in pospešijo hitrost rakete. Ko tudi ti porabijo gorivo, odpade druga stopnja, tretja pa nadaljuje pot s tovorom. Hitrost ob vstopu v gostejše plasti ozračja, to je 80 km visoko, je 26.876 km/h. Raketa, s katero je leta



Zgradba rakete

Matej Krajnc

VII. astronomski tabor Kmica 2003 je potekal od 21. do 27. avgusta 2003. Posebnost letošnjega je bila ta, da je bil mednarodni, saj smo sodelovali z osnovno šolo v Monoštru in se je odvijal na dveh lokacijah. Od 21. do 24. avgusta smo bili na Osnovni šoli Gornji Petrovci, 24. avgusta pa smo se preselili v Monošter, kjer smo ostali do 27. avgusta. Udeleženci – bilo nas je okrog 30 iz Slovenije ter 7 iz Madžarske – smo se v četrtek, 21. avgusta popoldan zbrali na Osnovni šoli Gornji Petrovci, kjer so nas seznanili s programom tabora. Kasneje smo se razdelili v štiri skupine, v katerih je potekalo celotredensko delo. V prvi skupini so udeleženci spoznavali osnove astronomije z mentorjema Damijanom Škrabanom in Miho Lendvajem. Druga skupina, ki sta jo vodila Ernest Hari in Matej Vitez, se je posvetila meteorjem. V tretji skupini, katere mentorja sta bila Samo Smrke in Mario Škraban, so se udeleženci ukvarjali z astrofotografijo. Četrta skupina pa se je poglobila v astrofiziko z mentorjem Bojanom Marušičem. Seveda pa se astronomski tabor od drugih taborov najbolj razlikuje po tem, da je potek dneva malo drugačen. Začne se s kosilom okrog poldneva, popoldan pa sledijo delo po skupinah in predavanja. Po večerji, okrog desete ure zvečer pa so na vrsti opazovanja nočnega neba, če je noč jasna in ni padavin. Udeleženci in mentorji smo tako polovico dneva prespali, ponoči pa smo se posvečali zvezdam in nebesnim pojavom, zaradi katerih smo pravzaprav prišli na tabor.

Tudi na astronomskem taboru je družabno življenje živahno in med vsemi, ki smo bili tam, so se spletla poznanstva in prijateljstva, čas pa smo si krajšali tudi z glasbo, kartanjem,...

Jerneja Pirnat

## UDELEŽENCI ASTRONOMSKEGA TABORA KMICA 2003

	Ime in priimek	Naslov	Pošta
1	Matevž Rupnik	Mali most 14	1370 Logatec
2	Ožbej Istenič	Šolska pot 2	1370 Logatec
3	Matej Krajnc	Meškova 5	3000 Celje
4	Klemen Rajh	Črtomirova 2	3000 Celje
5	Zala Lenarčič	Zalog 16	6230 Postojna
6	Jernej Lobe	Njogoševa 13	3000 Celje
7	Špela Špenko	Utik 27a	1217 Vodice
8	Nina Cerkvenik	Cesta na Lenivec 10	6210 Sežana
9	Barbara Uljančič	Gubčeva ul. 5	6250 Ilirska Bistrica
10	Don Ciglencečki	Krempoljeva 9	2250 Ptuj
11	Aleksander Koroša	Štefana Kovača 18	9224 Turnišče
12	Alan Podlesek	Lendavska 45	9000 Murska Sobota
13	Matej Vitez	Nedelica 42b	9224 Turnišče
14	Mirjana Plantan	Zelena ul. 12	9000 Murska Sobota
15	Sandi Dora	Gregorčičeva 55	9000 Murska Sobota
16	Maja Hakl	Radenski Vrh 42	9252 Radenci
17	Jerneja Pirnat	Ravenska 18, Krog	9000 Murska Sobota
18	Alen Serec	Prešernova 1	9000 Murska Sobota
19	Črt Brenčič	Plečnikova 26 Krog	9000 Murska Sobota
20	Andej Šadl	Šratovci 19	9252 Radenci
21	Jernej Virag	Gančani 206	9231 Beltinci
22	Nenad Kojič	Kocljeva 6a	9000 Murska Sobota
23	Darijan Zorko		
24	Lilla Fasching	Fő ut 65	9983 Sakalovci
25	Kitti Kováč	Fő ut 68	9983 Sakalovci
26	Beatrix Šlemmer	Fő ut 64	9982 Števanovci
27	Rita Nagy	Kodaly Z. ut 1	9955 Monošter
28	Regina Nagy	Kodaly Z. ut 1	9955 Monošter
29	Barnabás Túri	Fő ut 40	9982 Andovci
30	Ferenc Ropoš	Fő ut 46	9982 Verica

## ZAHVALA AD KMICA

### ZA POMOČ PRI IZVEDBI ASTRONOMSKEGA TABORA adPOLARIS 2003 »Zvezde in skupine zvezd«

Astronomsko društvo Polaris, ki s svojimi člani izvaja astronomske aktivnosti (opazovanja, predavanja, ekskurzije...) predvsem na področju Koroške, že od same ustanovitve leta 2001 izredno dobro sodeluje z Astronomskim društvom Kmica iz Murske Sobotice. V preteklih letih je bilo precej skupnih dogodkov, izmenjave strokovnih predavateljev in drugih oblik sodelovanj.

Zgleden primer dobrega sodelovanja obeh društev je bila tudi pomoč pri izvedbi astronomskih taborov v izvedbi obeh društev. Tako je tudi izvedbo poletnega Astronomskega tabora adPOLARIS 2003 z naslovom »Zvezde in skupine zvezd«, ki je potekal na Grmovškovem domu na slovenjegraškem Pohorju od 2. do 6. julija 2003, zelo olajšala močno spletena vez sodelovanja med obema omenjenima društvoma. Astronomsko društvo Kmica je pripomoglo k izvedbi letošnjega tabora adPOLARIS predvsem z izposojajo astronomske opreme, za kar se jim najlepše zahvaljujemo.

Podobnega obojestranskega sodelovanja si želimo seveda še naprej.

asist. mag. Vladimir Grubelnik  
strokovni vodja adPOLARIS

asist. Robert Repnik  
predsednik adPOLARIS

Astronomsko društvo Polaris: [www.adpolaris-drustvo.si](http://www.adpolaris-drustvo.si), [info@adpolaris-drustvo.si](mailto:info@adpolaris-drustvo.si)

## ČLANI ASTRONOMSKEGA DRUŠTVA KMICA

- |                              |                               |                              |
|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 1. Elemer ALADIČ             | 50. Primož KAJDIČ             | 101. Mateja REMS             |
| 1. Andrej BALAŽIC            | 51. Sandra KAJDIČ             | 102. asist. Robert REPNIK    |
| 2. Jože BAŠA                 | 52. Denis KALAMAR             | 103. Matevž RUŽIČ            |
| 3. Goran BERGLES             | 53. Zlatka KARDOŠ             | 104. Tomaž SEDONJA           |
| 4. Uroš BERGLES              | 54. Matej KERČMAR             | 105. Tadeja SEVER            |
| 5. Mario BERDEN              | 55. Štefan KERČMAR            | 106. Gregor SKOK             |
| 6. Daniel BERNAD             | 56. Tadej KRINČIČ             | 107. doc. dr. Mitja SLAVINEC |
| 7. Urban BERNAT              | 57. Sara KLEMENČIČ            | 108. Samo SMRKE              |
| 8. Franček BERTALANIČ        | 58. Andrej KOCAN              | 109. Tomislav STRBAD         |
| 9. Branko BEZNEC             | 59. doc. dr. Mihaela KOLETNIK | 110. Tadeja STROPNIK         |
| 10. Tomaž BRATINA            | 60. Ernest KOLOŠA             | 111. Jelena ŠARDI            |
| 11. Črt BRENČIČ              | 61. David KOROŠA              | 112. Nina ŠARDI              |
| 12. Simon BUKOVEC            | 62. Sandra KOROŠEČ            | 113. Aleksander ŠERUGA       |
| 13. Mateja CAR               | 63. Andreja KOVAČ             | 114. Mojca ŠIPEC             |
| 14. Alojz CELEC              | 64. Uroš KRŽIČ                | 115. Mario ŠKRABAN           |
| 15. Silvo CELEC              | 65. Blaž KUČUK                | 116. Damijan ŠKRABAN         |
| 16. Stanko Cestnik           | 66. Bojan KUPRIVEC            | 117. Matej TEMLIN            |
| 17. Aleš CIPOT               | 67. Katja KUSTEC              | 118. Zdenko TEMLIN           |
| 18. Franc CIPOT              | 68. Aleš KUZMIČ               | 119. Peter TIBAUT            |
| 19. Rudi CIPOT               | 69. Uroš KÜČAN                | 120. Alen TODOROVIČ          |
| 20. Suzana ČURMAN            | 70. Johan LACO                | 121. Tatjana TRCEK           |
| 21. Igor ČENAR               | 71. Iztok LAČEN               | 122. Blaž TRIGLAV            |
| 22. Marjan ČENAR             | 72. Gorazd LAMPIČ             | 123. Franc VEREŠ             |
| 23. Edvard DEČKO             | 73. Tamara LAZAR              | 124. Urška VIDOVIČ           |
| 24. Zlata DIMEC              | 74. Elizabeta LEBAR           | 125. Zdenka VIDOVIČ          |
| 25. Sandi DORA               | 75. Tiberuj LEBAR             | 126. Jasmina VOHAR           |
| 26. Ludvik FILO              | 76. Miha LENDVAJ              | 127. Danijel VOLF            |
| 27. Barbara FLISAR           | 77. Sebastijan LIPAI          | 128. Igor VUČKIČ             |
| 28. Lado GAL                 | 78. Jure LUKAČ                | 129. Tjaša VUČKIČ            |
| 29. Aleš GJERKEŠ             | 79. doc. dr. Renato LUKAČ     | 130. prof. dr. Joso VUKMAN   |
| 30. Tjaša GODVAJS            | 80. Mitja MAJERLE             | 131. Iztok ZRINSKI           |
| 31. Dominik GOLOB            | 81. Bojan MARUŠIČ             | 132. Anita ZVER              |
| 32. dr. Andreja GOMBOC       | 82. Boris MUGERLE             | 133. Ida ZVER                |
| 33. Zvonimir GOMBOC          | 83. Dušan NADJ                | 134. Miran ŽILAVEC           |
| 34. Mitja GOVEDIČ            | 84. Simon NEMEC               | 135. Jernej ŽILAVEC          |
| 35. Robi GRAH                | 85. Katja NERAD               | 136. Koloman ŽITEK           |
| 36. Jana GROSMAN             | 86. Mateja NERAD              | 137. Juš ŽNIDARŠIČ           |
| 37. Martina GROSMAN          | 87. Ernest NOVAK              | 138. dr. Darko VEBERIČ       |
| 38. Simona GROSMAN           | 88. Goran OBAL                | 139. Igor PRAPROTNIK         |
| 39. Melita HAJDINJAK         | 89. Darko OSKOMIČ             | 140. Janez LOPERT            |
| 40. Ernest HARI              | 90. Suzana PAL                | 141. Milan SVETEC            |
| 41. Helga LUKAČ              | 91. Vida PATRIK               | 142. Zoran CELEC             |
| 42. Peter HARI               | 92. Dejan PAVEL               | 143. Monika NOVAK            |
| 43. Sandra HARI              | 93. Monika PERŠA              | 144. Marjan HUBER            |
| 44. Mojca HORVAT             | 94. Jerneja PIRNAT            | 145. Simon KUCHAR            |
| 45. Nika HORVAT              | 95. Damir PODLESEK            | 146. Mira AMBRUŽ             |
| 46. Lidija HORVAT            | 96. Miran PODOJSTRŠEK         | 147. Nino PEČEK              |
| 47. Simona IPŠA              | 97. Jernej POK                | 148. Ivan PIRLING            |
| 48. Nataša Jagličič          | 98. Iva POPOVIČ               | 149. Blaž TROPENAUER         |
| 49. doc. dr. Zvonko JAGLIČIČ | 99. Ivan PRELOG               | 150. Boris CIGAN             |
|                              | 100. Jože PUHAN               |                              |



Urednik:  
doc. dr. Mitja SLAVINEC  
Tehnična obdelava:  
Bojan MARUŠIČ  
Pregled:  
asist. Milan SVETEC  
Oblikovanje:  
mag. Nuša PAVLINJEK  
Tisk:  
AIP Praprotnik  
Naklada:  
400 izvodov  
Založnik:  
Klub PAC in AD Kmica  
v sodelovanju z ZOTKS